ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO

IV Concurso de Teses Sobre Defesa Nacional

A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro

Rio de Janeiro

2008

A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro

Dissertação apresentada à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Militares.

Orientador: Maj QEM Armando Morado Ferreira
Co-Orientador: Prof. Itamar Borges Junior

Rio de Janeiro
2008

P 385 IV Concurso de Teses Sobre Defesa Nacional

A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro. / IV Concurso de Teses Sobre Defesa Nacional. 2008

118 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2008.
Bibliografia: f. 114-118.

1. Engenharia de Defesa. 2. Pós-Graduação. 3. Ensino Militar. I. Título.

CDD 355

IV Concurso de Teses Sobre Defesa Nacional

A Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no Contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro

Dissertação apresentada à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Militares.

Aprovada em 07 de novembro de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Armando Morado Ferreira - Maj QEM - Ph.D. Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Itamar Borges Junior - Prof - Dr. Membro
Instituto Militar de Engenharia

Emilio Carlos Acocella - Gen Bda - Dr. Membro
Instituto Militar de Engenharia

Waldemar Barroso Magno Neto - Cel QEM - Dr. Membro
Departamento de Ciência e Tecnologia

Dedico este trabalho à minha esposa Marilena
e aos meus filhos Andressa e Anderson.

AGRADECIMENTOS

Ao Major Armando Morado Ferreira e ao Professor Itamar Borges Junior pela orientação firme e profissional, fundamental para a realização deste trabalho.

Ao General Emilio Carlos Acocella e ao Coronel Waldemar Barroso Magno Neto, por terem aceitado o convite para compor a Banca Examinadora deste trabalho.

À minha família pelo carinho, compreensão e apoio dedicados, o que muito facilitou a consecução deste trabalho.

À Escola de Comando e Estado-Maior do Exército pela oportunidade que me proporcionou para realizar um trabalho numa área cativante e de relevância para o Exército Brasileiro.

“Quem teria imaginado, em 1900, que em cinqüenta anos saberíamos muito mais e compreenderíamos muito menos?”
(Einstein, por volta de 1954).

RESUMO

É apresentado o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa do Instituto Militar de Engenharia. Este novo programa de pós-graduação foi concebido com intuito de fomentar formação de pessoal e realizar pesquisas multi e interdisciplinares nas áreas das engenharias aplicadas às questões de defesa. Esta pesquisa visa estabelecer bases conceituais para a definição de uma estrutura de programa de mestrado e doutorado que melhor integre e direcione esforços para a pesquisa básica e a formação em nível de pós-graduação em Engenharia de Defesa no contexto do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro.

Palavras-chave: Engenharia de defesa, pós-graduação, ensino militar.

ABSTRACT

The Defense Engineering Graduate Program of the Military Institute of Engineering is presented. This new graduate program has been conceived to prepare personnel to carry out multi and interdisciplinary research in the fields of engineering applied to defense. This research aims to establish conceptual bases for the definition of a master and PhD program structure that better integrate and drive efforts for increasing basic research and post-graduation education in defense engineering in the context of the Science and Technology System of the Brazilian Army.

Keywords: Defense engineering, graduate program, military education.

LISTA DE FIGURAS

2.1 Esquema dos conceitos de pesquisa básica e de pesquisa aplicada . . 35
2.2 Modelo de quadrantes da pesquisa científica 36
2.3 Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD 41

3.1 Organograma simplificado do DCT 56
3.2 Presença do DCT nas diversas Regiões do Brasil 57

4.1 Percentual de docentes do PGED por área disciplinar 99
4.2 Número e percentual de docentes titulados por ano 100
4.3 Grau de interseção entre as áreas disciplinares e o PGED 106
4.4 Grau de interseção entre as áreas do PBCT e o PGED 106
4.5 Grau de interseção entre as áreas de interesse da Defesa e o PGED . 106
4.6 Grau de interseção entre o PGED e as demais áreas 107

LISTA DE TABELAS

3.1 Programas e cursos de pós-graduação disciplinares do IME 63
3.2 Número de professores doutores e avaliações junto à CAPES 64
3.3 Critérios para avaliação da pós-graduação 79

4.1 Número de docentes por área disciplinar 99
4.2 Número de docentes titulados por ano 100
4.3 Linhas de pesquisa do PGED e das áreas disciplinares 103
4.4 Linhas de pesquisa do PGED e áreas de interesse do Exército (PBCT) 104
4.5 Linhas de pesquisa do PGED e áreas de interesse da Defesa 104
4.6 Grupos de disciplinas do PGED 105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARO	*Army Research Office*
AGR	Arsenal de Guerra do Rio de Janeiro
AGSP	Arsenal de Guerra de São Paulo
BID	Base Industrial de Defesa
CES	Câmara de Educação Superior
CAEx	Centro de Avaliações do Exército
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CComGEEx	Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército
CDS	Centro de Desenvolvimento de Sistemas
Cia GE	Companhia de Guerra Eletrônica
CIGE	Centro Integrado de Guerra Eletrônica
CIGEx	Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército
CISD	Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa
CITEx	Centro Integrado de Telemática do Exército
CMID	Comissão Militar da Indústria de Defesa
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COMASSE	Comissão de Assessoramento de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional
COMDEFESA	Comitê da Cadeia Produtiva da Indústria de Defesa
CT	Centro de Telemática
CTA	Centro de Telemática de Área
C&T	Ciência e Tecnologia
CTEx	Centro Tecnológico do Exército
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
C3I	Comando, Controle, Comunicações e Inteligência
DARPA	*Defense Advanced Research Projects Agency*
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
DEC	Departamento de Engenharia e Construção
DF	Diretoria de Fabricação
DL	Divisão de Levantamento
DLog	Departamento Logístico

DoD	*Department of Defense*
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
ECEME	Escola de Comando e Estado-Maior do Exército
EME	Estado-Maior do Exército
ENADE	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
EUA	Estados Unidos da América
FAPERJ	Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GPS	*Global Positioning System*
HF	*High Frequency*
IES	Instituições de Ensino Superior
IETEx	Incubadora de Empresas de Base Tecnológica do Exército
IMBEL	Indústria de Material Bélico do Brasil
IME	Instituto Militar de Engenharia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MD	Ministério da Defesa
MEC	Ministério da Educação
MEM	Material(ais) de Emprego Militar
MEMS	*MicroElectroMechanical Systems*
MSA	Mecatrônica e Sistemas de Armas
MSD	Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa
MTCR	*Missile Technology Control Regime*
NIT	Núcleo de Inovação Tecnológica
OECD	*Organisation for Economic Cooperation and Development*
OM	Organização Militar
OMB	*Office of Management and Budget*
ONU	Organização das Nações Unidas
OSRD	*Office of Scientific Research and Development*
PBCT	Plano Básico de Ciência e Tecnologia
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

PGED	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa
PDN	Política de Defesa Nacional
PNPG	Plano Nacional de Pós-Graduação
POM	*Program Objective Memorandum*
PPGAO	Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais
Pró-Defesa	Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional
QEM	Quadro de Engenheiros Militares
RF	Radiofreqüência
SCTEx	Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação Superior
SINPRETEC	Sumário de Informações e Previsões Tecnológicas
SisCTID	Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional
SNCT	Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia
TARA	*Technology Area Reviews and Assessments*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**
1.1 PROBLEMÁTICA E CONTEXTUALIZAÇÃO 14
1.2 TEMA 15
1.3 FINALIDADE DA PESQUISA 16
1.3.1 **Hipótese** 17
1.3.2 **Justificativa** 18
1.3.3 **Objetivos** 18
1.3.4 **Alcances e Limites** 19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 20

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO **21**
2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES 21
2.1.1 **Segurança e Defesa Nacional** 21
2.1.2 **Diferentes Tecnologias** 21
2.1.3 **Pesquisa Básica e Pesquisa Aplicada** 22
2.1.4 **Inovação Tecnológica** 25
2.2 INTER, MULTI E TRANSDISCIPLINARIDADE 26
2.2.1 **Interdisciplinaridade** 26
2.2.2 **Multidisciplinaridade** 26
2.2.3 **Transdisciplinaridade** 27
2.2.4 **Defesa: Objeto Transdisciplinar** 29
2.3 NOVA FORMA DE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO 30
2.3.1 **Mudanças no Ambiente de Pesquisa** 31
2.3.2 **Novo Enfoque de Ciência** 33
2.3.3 **Modo 2 de Produção do Conhecimento** 34
2.4 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DEFESA NOS EUA 38
2.4.1 **Estratégias para a Pesquisa Básica** 38
2.4.2 **Desafios: o Papel da Universidade** 47
2.5 CONCLUSÕES PARCIAIS 51

3 A PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* NO IME **54**
3.1 PAPEL DO IME NO SCTEx 55
3.2 PAPEL DA CAPES NO SNCT 59
3.3 ANÁLISE DA CONJUNTURA EXTERNA 61
3.4 ANÁLISE DA CONJUNTURA INTERNA 69
3.5 ALTERNATIVAS E PROPOSTAS 71

4 PGED: CONCEPÇÃO E ESTRUTURAÇÃO **80**
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 80
4.1.1 **Pós-Graduação e Pesquisa em C&T e Defesa Nacional** 80
4.1.2 **Pós-Graduação em Engenharia de Defesa e Desenvolvimento** 83
4.1.3 **Papel do PGED na Revitalização da Indústria de Material de Defesa** . 87
4.2 FUNDAMENTOS E OBJETIVOS DO PGED 89
4.3 ATRIBUTOS RELEVANTES DO PGED 91
4.4 CONDICIONANTES DO PGED 91
4.5 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENGENHARIA DE DEFESA 94
4.5.1 **Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa** 95
4.5.2 **Mecatrônica e Sistemas de Armas** 96
4.5.3 **Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa** 97
4.6 CARACTERIZAÇÃO DA INTER E MULTIDISCIPLINARIDADE 98

5 CONCLUSÕES **108**
5.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES 108
5.2 PERSPECTIVAS 109

REFERÊNCIAS **114**

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA E CONTEXTUALIZAÇÃO

Em 2005, o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do Exército, órgão de direção setorial ao qual o Instituto Militar de Engenharia (IME) está subordinado, realizou um detalhado diagnóstico do Instituto (BRASIL, 2005a; BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005)[1]. Nesse estudo, no que concerne à pós-graduação, foi constatado que a existência de vários cursos nas áreas disciplinares clássicas da engenharia, apesar dos resultados já obtidos em prol do Exército e do País, principalmente na formação de recursos humanos especializados nas áreas de interesse científico-tecnológico, não é atualmente adequada à pequena dimensão do seu corpo docente e às demandas em pesquisa básica, sendo necessária uma nova abordagem mais sistêmica.

Foram analisadas também as avaliações promovidas nos últimos anos por órgãos externos, como as da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), e comparou-se cada programa do Instituto com programas de excelência de outras instituições. Entre outras conclusões, foram levantados como problemas dos programas de pós-graduação do IME o baixo número de docentes em cada programa e a fragmentação da produção científica, fatores críticos para uma instituição com cerca de 100 doutores, 8 programas de pós-graduação e 23 linhas de pesquisa, sendo 2 programas com doutorado em ciências (Química e Ciência dos Materiais) e nenhum com doutorado em engenharia.

Concebeu-se, então, a idéia de um programa de pós-graduação multi e interdisciplinar que fomentasse projetos com esse viés, agregasse os professores de maior produção científica e renovasse a pós-graduação do IME. Esta idéia foi levada a cada programa de pós-graduação do Instituto em reuniões com os respectivos corpos docentes para debates e estudos mais aprofundados. Toda a documentação gerada foi disponibilizada ao corpo docente e discente do Instituto com o objetivo de ampliar as discussões e melhorar as propostas de linhas de pesquisa e de suas áreas de concentração. Esse processo teve lugar ao longo do segundo semestre de 2005 e primeiro semestre de 2006. Esses estudos internos levaram à proposta de um novo programa

[1] Diretriz para a Reestruturação do Sistema de Ensino Militar Científico-Tecnológico, aprovada pela Portaria nº 009, do DCT, de 12 de julho de 2005, e Plano Geral de Implantação e Implementação da Reestruturação dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação do IME, aprovado pela Portaria nº 030/DCT, de 02 de maio de 2006.

de pós-graduação, o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa - PGED (PELLANDA, BORGES e RONZANI, 2006; PELLANDA et al, 2007; ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008), que visa integrar as várias áreas de pós-graduação do IME para atuarem de forma sistêmica e sinérgica em questões científico-tecnológicas voltadas para inovações de interesse da Defesa Nacional, constituindo o cerne da formação dos mestres e doutores em Engenharia de Defesa.

No âmbito do Exército, a criação do PGED no IME está amparada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), na Lei de Ensino do Exército e no seu Regulamento, tendo sido autorizada pelas Portarias nº 124 e 126 do Estado-Maior do Exército (EME), de 29 de agosto de 2006 (BRASIL, 2006a). O funcionamento efetivo dos cursos de mestrado e doutorado deste programa teve início no primeiro semestre de 2007. Na esfera do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), o curso de mestrado acadêmico do PGED foi aprovado em 2008 pelo Comitê Interdisciplinar da CAPES e será avaliado pelos seus critérios a partir de 2009. Esforços estão sendo envidados no sentido da aprovação, junto a esse órgão, do curso de doutorado do PGED.

Uma dificuldade importante, pela qual passou e ainda passa a estruturação do PGED, é a definição adequada de suas áreas temáticas e linhas de pesquisa, de forma a atender os requisitos de conhecimentos científicos necessários para a consecução dos objetivos do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro (SCTEx) (BRASIL, 1994a).

Esta pesquisa visa estabelecer bases para definir as áreas e linhas de pesquisa do PGED, com a finalidade de integrar e direcionar esforços, tanto endógenos quanto exógenos ao programa, no sentido de que tanto as potencialidades internas ao IME quanto as das organizações pertencentes ao SCTEx e, possivelmente, do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional (SisCTID) (BRASIL, 2003a) contribuam de maneira mais efetiva para a formação de recursos humanos na área de Ciência e Tecnologia (C&T) de interesse da defesa e que os egressos do PGED correspondam às expectativas desses sistemas.

1.2 TEMA

O foco deste trabalho é o PGED no contexto do SCTEx (BRASIL, 1994a) e do SisCTID (BRASIL, 2003a). Dado o caráter multi e interdisciplinar do PGED e sua importância para o SCTEx e para o SisCTID, esta pesquisa visa estabelecer bases conceituais para a definição das suas áreas e linhas de pesquisa, com a finalidade de melhor integrar e direcionar esforços para a pesquisa básica e a formação de mestres e doutores em Engenharia de Defesa.

A pesquisa objeto desta proposta considera dois níveis principais de integração. O primeiro nível é o intra-institucional, dos diversos programas de pós-graduação disci-

plinares, tradicionalmente existentes no IME, de forma a concentrar e direcionar a sua capacidade no esforço de formação de recursos humanos mais voltados para a área de Engenharia de Defesa e para os Sistemas de Defesa. O segundo nível é o interinstitucional, pois visa também estabelecer bases para uma estratégia de integração do PGED no SCTEx e no SisCTID, tendo como foco a busca de melhorias dos seus resultados por meio do alinhamento das pesquisas básicas e áreas científicas de formação de recursos humanos, em nível *stricto sensu*, com as tecnologias de interesse do SCTEx que sejam também de interesse do SisCTID como um todo. Desta forma, busca-se também integrar esforços com as áreas de C&T das outras Forças Armadas, sob a égide da Política de Defesa Nacional (PDN) (BRASIL, 2005b) e da Política Nacional da Indústria de Defesa (BRASIL, 2005c). Das diretrizes da PDN, as que afetam mais diretamente a pós-graduação em C&T são (BRASIL, 2005b):

- o estímulo à pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a capacidade de produção de materiais e serviços de interesse para a defesa;
- a intensificação do intercâmbio das Forças Armadas entre si e com as universidades, instituições de pesquisa e indústrias, nas áreas de interesse de defesa;
- a criação de novas parcerias com países que possam contribuir para o desenvolvimento de tecnologias de interesse da defesa.

Esta pesquisa se enquadra na Área de Estudo de “Tecnologia” da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME) e, mais especificamente, no Tema “Recursos Humanos de C&T nas Forças Armadas: Diagnóstico Atual e Estratégias para Integração de Esforços”.

1.3 FINALIDADE DA PESQUISA

O PGED é um programa de pós-graduação muito recente e, por isso, está ainda sendo estudado e estruturado no sentido de que sejam definidas adequadamente as suas áreas temáticas e linhas de pesquisa (ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008). A problemática desta definição engloba conceitos por vezes antagônicos e de difícil compreensão. Ao contrário do estabelecimento, nas décadas de 1970 e 1980, dos outros programas de pós-graduação em ciências e engenharia do IME, que foram moldados e ajustados em um contexto disciplinar consolidado, a estruturação do PGED assume forma mais complexa. Ela deve contemplar áreas inovadoras e estratégicas para o País não contempladas por áreas disciplinares do conhecimento científico e exige a integração de pesquisadores e docentes de diferentes campos das ciências e das engenharias, com idéias e pensamentos, muitas vezes, divergentes. Por outro lado, os modernos sistemas de defesa não podem mais ser desenvolvidos a partir de

conhecimentos científicos e tecnológicos compartimentados e exigem a preparação de profissionais com formação inter e multidisciplinar para trabalharem em ambiente transdisciplinar sem que, contudo, se perca o caráter especialista dessa formação.

Apesar das áreas temáticas e linhas de pesquisa que compõem o PGED, neste início de seu funcionamento, terem sido definidas após um longo período de estudo, discussões e amadurecimento de idéias de aproximadamente três anos (2005 a 2007) (PELLANDA, BORGES e RONZANI, 2006; PELLANDA et al, 2007; ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008) e conduzidos por uma comissão de docentes do IME, o estabelecimento de uma ligação concreta entre as áreas de pesquisa científica incluídas no programa, suas delimitações e os resultados do SCTEx e do SisCTID ainda carece de estudos mais aprofundados. O estabelecimento dessa ligação é objeto de estudo desta pesquisa, é uma questão aberta no SCTEx e no SisCTID e constitui um desafio que requer um embasamento conceitual teórico cientificamente comprovado.

O presente trabalho visa, portanto, a auxiliar na definição de áreas de concentração e linhas de pesquisa do PGED, disponibilizando para o SCTEx e para o SisCTID bases conceituais capazes de estabelecer uma ligação entre o perfil profissional dos egressos, no que concerne aos conhecimentos e habilidades em pesquisa científica adquiridos durante os cursos, e os resultados do SCTEx e do SisCTID, no que se refere à sua capacidade de gerar inovações, produtos e serviços de interesse da defesa nacional e, particularmente, do interesse da Força Terrestre.

A principal questão que se coloca, então, e que define a problemática que se pretende investigar neste trabalho é: “A atual área de concentração e linhas de pesquisa do PGED e a estrutura do SCTEx atendem de maneira satisfatória as necessidades de produção de conhecimento deste sistema, para a consecução dos seus objetivos?”

1.3.1 **Hipótese**

A dificuldade em estabelecer uma ligação entre a pesquisa básica e a inovação não é inerente apenas ao caso do PGED no contexto do SCTEx. Pode-se constatar na literatura sobre o assunto (IAFRATE, 2002; SCHWARTZMAN, 2002; CARNEIRO JÚNIOR, 2003; DAGNINO e GOMES, 2003; USA, 2003; VIOTTI, 2003; FOUNTAIN, 2004; ROCHA, 2004; STOKES, 2005) que esta é uma questão atual e em constante evolução. O objetivo principal desta pesquisa, como já enunciado, é estabelecer bases para uma adequada definição das áreas de concentração e linhas de pesquisa do PGED de maneira a atender da melhor forma possível as demandas do SCTEx.

A estrutura do PGED para o início do seu funcionamento foi definida sem a preocupação de estabelecer claramente, por meio de aprofundada pesquisa científica, uma ligação entre suas áreas e linhas de pesquisa e a inovação tecnológica requerida do SCTEx, lacuna que este trabalho pretende preencher. Não seria inadequado,

portanto, partir da premissa que existe uma deficiência nessa ligação e que o PGED não está utilizando o máximo potencial da capacidade disponível no IME e no SCTEx, em termos de formação de recursos humanos em nível *stricto sensu*, de que poderia lançar mão. Assim, a hipótese formulada é a seguinte: "As linhas de pesquisa do PGED e a atual estrutura do SCTEx atendem parcialmente as necessidades de produção do conhecimento em nível *stricto sensu* e de transferência de tecnologia para a consecução dos objetivos deste sistema."

1.3.2 Justificativa

O PGED poderá vir a ser um dos poucos programas de pós-graduação *stricto sensu* do Sistema de Ensino Científico-Tecnológico do SCTEx, pois tem a finalidade de reunir os escassos recursos de pesquisa disponíveis, tanto laboratoriais quanto de pesquisadores, integrando esforços para a formação de recursos humanos em nível de mestrado e doutorado em áreas de interesse da defesa e, em especial, do Exército. Uma busca metódica, sobre sólidas bases conceituais, da definição das áreas e linhas de pesquisa do PGED e de uma forma de atuação em parceria com o SCTEx, é de fundamental importância para o futuro sucesso deste programa, particularmente quanto à sua efetividade, ou seja, ao seu impacto direto no domínio de tecnologias, na obtenção de Materiais de Emprego Militar (MEM) e nas inovações tecnológicas na área de Defesa Nacional.

1.3.3 Objetivos

- Realizar um levantamento crítico da bibliografia, em nível nacional e internacional, sobre relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de ensino e pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de ensino e pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico, particularmente para a Defesa.
- Estudar e analisar a bibliografia selecionada sobre esses assuntos.
- Formalizar uma definição para a Engenharia de Defesa.
- Com base no diagnóstico atual da pós-graduação do IME e nas estratégias para integração de esforços oferecidas pelo PGED, estabelecer uma ligação entre as áreas de pesquisa científica incluídas no PGED e suas delimitações e as áreas de pesquisa de interesse do SCTEx e do SisCTID.

- Concluir parcialmente sobre a pertinência da estrutura atual do PGED em termos de áreas temáticas e linhas de pesquisa e sua adequação aos objetivos do SCTEx.
- Divulgar, no âmbito do SCTEx, os resultados da pesquisa a fim de contribuir para a sua aplicação e para a integração de esforços no sentido de que as organizações pertencentes ao sistema contribuam de maneira mais efetiva para formação de recursos humanos e que estes recursos correspondam às expectativas do sistema.
- De forma similar e com o mesmo intuito, divulgar os resultados no âmbito do Ministério de Defesa (MD) e do SisCTID.

1.3.4 Alcances e Limites

Este trabalho, ao pesquisar e analisar a ligação entre a ciência básica desenvolvida no PGED e a inovação tecnológica aplicada aos resultados do SCTEx, envolverá estudos em diversas áreas correlatas entre si, tais como: relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de ensino e pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de ensino e pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico.

Pretende-se selecionar um conjunto de modelos recentes, relacionados com esses assuntos, adaptando-os às particularidades do PGED no contexto do SCTEx, onde se destaca a necessidade de estabelecimento de vínculos entre as áreas temáticas e linhas de pesquisa do primeiro com os resultados do segundo. No entanto, devido ao curto período de tempo para o desenvolvimento desta pesquisa, não se almeja esgotar o assunto com a proposição de soluções fechadas para os problemas levantados, mas estabelecer as bases para que isso seja realizado em etapas posteriores, completando uma lacuna ora existente no processo de definição das áreas de formação de recursos humanos em nível de pós-graduação *stricto sensu* para o SCTEx e de atuação conjunta dos órgãos do sistema na produção de inovações tecnológicas.

Embora os resultados desta pesquisa possam vir a ser aplicados em outras áreas do conhecimento e em outras áreas de pós-graduação *stricto sensu* do próprio Sistema de Ensino do Exército Brasileiro, o foco do estudo será nas estratégias de pesquisas básicas e de formação de recursos humanos especificamente na área das ciências e da engenharia voltadas para os sistemas de defesa.

No que concerne aos sistemas de defesa, esta pesquisa se concentra de modo particular nas tecnologias de interesse direto do SCTEx estabelecidas no Plano Básico de Ciência e Tecnologia (PBCT) (BRASIL, 2007a) e no Sumário de Informações

e Previsões Tecnológicas - SINPRETEC (BRASIL, 2007b) que sejam também de interesse do SisCTID (BRASIL, 2003a).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 trata da problemática e contextualização, do tema e dos objetivos desta pesquisa. No Capítulo 2, apresentam-se elementos do referencial teórico, conceitos e definições e um resumo da literatura sobre assuntos relevantes ao tema estudado. O Capítulo 3 apresenta uma análise da pós-graduação *stricto sensu* do IME, considerando a conjuntura interna e externa ao Instituto, bem como alternativas e propostas para o seu fortalecimento. Os aspectos principais da fundamentação, do conceito e da estrutura do PGED, como também do seu caráter inter e multidisciplinar, são discutidos no Capítulo 4. As conclusões e perspectivas são apresentadas no Capítulo 5.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO

Neste capítulo, apresentam-se os conceitos, as definições e os fundamentos teóricos que alicerçam as discussões conduzidas nos capítulos subseqüentes.

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Esta seção apresenta as definições de Segurança e Defesa Nacional estabelecidas na PDN (BRASIL, 2005b) e os diferentes conceitos de tecnologias relacionadas com a defesa (BRASIL, 2007b), introduz a discussão sobre a pesquisa básica e aplicada, assim como apresenta sucintamente a visão da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) sobre inovação tecnológica (OECD, 2005). Particularmente, a OECD (2005) busca orientar e padronizar conceitos, metodologias e a construção de estatísticas e indicadores de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de países industrializados.

2.1.1 Segurança e Defesa Nacional

Do ponto de vista da PDN, são adotadas as seguintes definições para Segurança e Defesa Nacional (BRASIL, 2005b):

> **"I** – **Segurança** é a condição que permite ao País a preservação da soberania e da integridade territorial, a realização dos seus interesses nacionais, livre de pressões e ameaças de qualquer natureza, e a garantia aos cidadãos do exercício dos direitos e deveres constitucionais;
>
> **II** – **Defesa Nacional** é o conjunto de medidas e ações do Estado, com ênfase na **Expressão Militar**, para a defesa do território, da soberania e dos interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas."

2.1.2 Diferentes Tecnologias

O SINPRETEC (BRASIL, 2007b) apresenta algumas definições de diferentes classificações de tecnologias de interesse deste trabalho, as quais são aqui reproduzidas:

- Tecnologia de defesa e segurança: refere-se a um conjunto de conhecimentos – científicos, empíricos e intuitivos – utilizados na produção e no emprego de bens e de serviços destinados ao uso pelos atores envolvidos em Defesa ou Segurança.
- Tecnologia militar: agregado organizado de todos conhecimentos – científicos, empíricos ou intuitivos – utilizados no desenvolvimento, produção, emprego, reparo, reposição e descarte de bens e de serviços específicos para o uso militar.
- Tecnologia de uso dual: aquela tecnologia que pode ser utilizada para produzir ou melhorar bens ou serviços de uso civil ou militar.
- Tecnologia habilitadora: tecnologia necessária ao desenvolvimento, produção e emprego de sistemas ou MEM.
- Tecnologia crítica: tecnologia habilitadora, de difícil obtenção, que permite avanço significativo no desenvolvimento, produção e emprego de sistemas ou MEM.
- Tecnologia sensível: tecnologia crítica, civil ou militar, que um determinado país ou grupo de países considera que não deva dar acesso, durante um certo tempo, a outros países, ao Brasil em particular, hipoteticamente por razões de segurança.
- Nível de maturidade de tecnologia: índice que indica o nível de maturidade de uma tecnologia.
- Tecnologia madura: tecnologia com grau (ou índice) de maturidade suficiente para ser incorporada ao desenvolvimento de um sistema ou MEM.
- Tecnologia dominada: tecnologia com o mais alto grau de maturidade, quando o sistema ou MEM está em operação, tendo sido empregado satisfatoriamente em condições reais.

2.1.3 Pesquisa Básica e Pesquisa Aplicada

A pesquisa científica é comumente dividida em pesquisa básica (acadêmica, fundamental ou pura), ou seja, o processo de busca de conhecimento voltado para interesses futuros, sem ter previamente em vista uma aplicação imediata, e em pesquisa aplicada (tecnológica), ou seja, o processo de busca de conhecimento relacionado a um objetivo prático específico (BRASIL, 2007a). O antagonismo da pesquisa básica *versus* pesquisa aplicada não é novo e certamente não se esgotará tão cedo. Ela envolve o governo de uma nação, o dinheiro dos contribuintes e as prioridades que

a administração no poder procura dar à sua atuação (SCHWARTZMAN, 2002; SILVEIRA, 2005). Esta questão, em particular, é discutida com mais detalhes na Seção 2.3.

Segundo STOKES (2005), "[...] A pesquisa se desenvolve por meio de escolhas." Embora as atividades por meio das quais a pesquisa científica produz novas informações ou novo conhecimento sejam muito variadas, elas envolvem sempre uma seqüência de decisões ou escolhas (STOKES, 2005): "[...] algumas delas têm a ver com a escolha da área do problema ou de uma linha particular de investigação; outras, com a construção de teorias ou modelos, com a obtenção de predições, deduções ou hipóteses, com o desenvolvimento de instrumentos ou realização de medidas, com o uso de técnicas analíticas, com a seleção de continuações de investigações, com a comunicação de resultados a outros cientistas". STOKES (2005) acrescenta ainda que Harvey Brooks (BROOKS, 1979) apreendeu essa característica universal da ciência ao afirmar que "todo processo de pesquisa pode ser pensado como um processo seqüencial e ramificado de tomadas de decisão. Em cada ramo que se se sucede existem muitas alternativas diferentes para o próximo passo a ser dado". A distinção entre a pesquisa básica e a aplicada gira em torno dos critérios que governam a escolha entre tais alternativas e os diferentes objetivos da pesquisa básica e da pesquisa aplicada tornam esses tipos de pesquisa conceitualmente distintos (STOKES, 2005).

Partindo de qualquer ponto de vista razoável sobre os objetivos da pesquisa básica e da aplicada, não se pode duvidar que essas categorias de pesquisa sejam conceitualmente distintas. A qualidade que define a pesquisa básica é a procura pela ampliação da compreensão dos fenômenos de um campo da ciência. Ainda que a pesquisa básica tenha sido definida de várias formas e envolva uma grande variedade de passos, sua propriedade essencial e definidora é a contribuição que ela procura trazer ao corpo de conhecimento explicativo geral de uma área da ciência (STOKES, 2005). Em conformidade com essa concepção, a OECD (2005) define a pesquisa básica como "atividade teórica ou experimental empreendida primordialmente com o fim de adquirir novos conhecimentos sobre os fundamentos subjacentes aos fenômenos e fatos observáveis", embora esta definição ainda lhe acrescente uma renúncia à aplicação prática (STOKES, 2005). Algumas vezes a pesquisa básica é definida em termos de certas características que a tornam diferente da pesquisa aplicada – tais como originalidade, liberdade dos pesquisadores, avaliação pelos pares dos resultados publicados e distância no tempo entre a descoberta e a utilização prática. Mas essas propriedades não devem ser confundidas com a qualidade específica da pesquisa básica – seu ímpeto em direção a um entendimento mais amplo dos fenômenos de um certo campo (STOKES, 2005).

Essa qualidade pode ser encontrada em vários exemplos citados por STOKES (2005). Um exemplo útil é dado pelo estudo que impulsionou a carreira científica de

Louis Pasteur quando, ainda estudante da *École Normale Supérieure* de Paris, teve sua atenção despertada pelo enigma do ácido racêmico. Pasteur constatou que o ácido racêmico é composto de duas formas isômeras cujos efeitos sobre a luz, iguais e opostos, cancelam-se mutuamente quando combinados. Sua pesquisa foi guiada em cada estágio pela procura do entendimento (pesquisa básica) e ampliou as fronteiras da cristalografia.

O conceito de que a pesquisa básica procura ampliar o campo do entendimento fundamental, enquanto a pesquisa aplicada volta-se para alguma necessidade ou aplicação útil para a sociedade é bem ilustrado por um problema aplicado da carreira subseqüente de Pasteur: seu esforço para enfrentar com sucesso as persistentes dificuldades vividas pelos fabricantes de álcool de beterraba (STOKES, 2005). Essas dificuldades levaram um industrial da região de Lille a procurar a ajuda de Pasteur. Ele visitou uma fábrica e levou amostras do suco de beterraba fermentado para seu laboratório, para examiná-las ao microscópio. Abrindo seu caminho em meio a um labirinto de conceitos científicos errôneos, Pasteur identificou os microorganismos responsáveis pela fermentação e mostrou que podiam sobreviver sem oxigênio livre. A compreensão desses fatos forneceu a seus clientes da indústria um meio eficiente de controlar a fermentação e limitar o desperdício.

Se o objetivo da pesquisa básica consiste no entendimento e o da pesquisa aplicada na utilização, não resta dúvida que esses tipos de pesquisa são conceitual ou analiticamente diferentes. A visão predominante a respeito da pesquisa científica inclui com freqüência um elemento adicional que conduz à seguinte observação (STOKES, 2005): “presume-se que uma tensão inerente entre os objetivos de entendimento geral e de utilização aplicada mantém as categorias da pesquisa básica e da pesquisa aplicada empiricamente separadas.”

Essa visão, conhecida como o paradigma do pós-guerra, foi apresentada, em 1945, ao Presidente Harry Truman por Vannevar Bush, que era o diretor do recém-criado Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento (OSRD, do inglês *Office of Scientific Research and Development*), por meio de um relatório intitulado *Science, the Endless Frontier* (BUSH, 1945) que fora solicitado, em 1944, pelo Presidente Franklin Delano Roosevelt com a finalidade de prever o papel da ciência em tempo de paz (FOUNTAIN, 2004; ROCHA, 2004; STOKES, 2005, DIAS e DAGNINO, 2006). O relatório de Bush estabeleceu uma visão de como os EUA poderiam manter seu investimento em pesquisa científica após o término da guerra e, cinco anos mais tarde, as idéias apresentadas sobre a ciência básica e sua relação com a inovação tecnológica tornaram-se o alicerce da política científica americana para as décadas que sucederam a guerra.

A crença de que o entendimento e a utilização sejam metas conflitantes – e de que a pesquisa básica e a aplicada sejam categorias separadas – é ilustrada por uma representação no espaço unidimensional que preserva a idéia de uma tensão inerente

entre as metas do entendimento e da utilização, em conformidade com a primeira grande máxima de Vannevar Bush, visto que a atividade científica não pode estar próxima de um dos pólos sem estar distante do outro (STOKES, 2005). A diferenciação entre a pesquisa básica e a aplicada é também incorporada pela forma dinâmica do paradigma do pós-guerra. Com efeito, o espectro estático básica-aplicada associado ao primeiro dos cânones de Bush constitui o segmento inicial de uma representação dinâmica associada ao seu segundo cânone, o conhecido modelo linear, uma seqüência que se estende desde a pesquisa básica até a nova tecnologia (STOKES, 2005).

A crença de que os progressos científicos são convertidos em utilizações práticas por meio de um fluxo dinâmico que vai da ciência à tecnologia tem sido em toda parte um lugar-comum entre os administradores de P&D (STOKES, 2005). Bush endossou essa crença de uma maneira enfática – ao dizer que os progressos da ciência são a principal fonte da inovação tecnológica, e isso acabou sendo absorvido pela visão predominante do relacionamento entre ciência e tecnologia. Essa "seqüência tecnológica" da ciência básica à tecnológica veio a ser conhecida mais tarde como transferência de tecnologia e denominada de Modo 1 de produção do conhecimento por NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS (2003), para diferenciar do que eles chamariam de Modo 2 e do que STOKES (2005) chamou de pesquisa básica inspirada pelo uso (ou Quadrante de Pasteur), outra forma menos ordenada de gerar conhecimentos científicos e seus usos (conforme a discussão apresentada na Seção 2.3).

2.1.4 Inovação Tecnológica

Inovação tecnológica é a introdução no mercado de um produto (bem ou serviço) ou de um processo produtivo (método de produção ou distribuição) tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado. Essa definição é baseada nas diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação definidas no Manual de Oslo, 3ª edição, da OECD (OECD, 2005). Segundo a OECD (2005), além dos dois tipos de inovação citados (de produtos e de processos), uma inovação pode ser ainda classificada como dos tipos organizacional – quando se refere a mudanças em práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas da instituição ou empresa – ou de *marketing* – quando envolve novos métodos de *marketing*. A inovação tecnológica pode resultar de P&D, de novas combinações de tecnologias existentes, da aplicação de tecnologias existentes em novos usos ou da utilização de novos conhecimentos adquiridos. Portanto, o desempenho de um sistema de C&T pode ser também avaliado pelo nível de inovação que ele propicia.

2.2 INTER, MULTI E TRANSDISCIPLINARIDADE

Nesta seção, são discutidos os processos de ensino e de produção do conhecimento baseados na inter, multi e transdisciplinaridade (CETRANS, 2002; MENEZES e SANTOS, 2002), objetos essenciais de cursos de pós-graduação *stricto sensu* voltados para a área de Defesa Nacional.

2.2.1 **Interdisciplinaridade**

A interdisciplinaridade diz respeito à perspectiva de articulação interativa entre as diversas disciplinas no sentido de enriquecê-las através de relações de diálogo entre os métodos e conteúdos que as constituem, ou seja, à perspectiva de que, através do trabalho conjunto, haja a transferência de métodos e ferramentas de uma área do conhecimento para a outra, para o avanço das fronteiras da ciência e da tecnologia. Ela parte da idéia de que a especialização sem limites das disciplinas científicas culminou numa fragmentação crescente do conhecimento. Dessa forma, pela interdisciplinaridade, há um movimento constante que inclui a integração entre as disciplinas, mas a ultrapassa – um grupo de pesquisa interdisciplinar é mais que a simples soma de seus membros; supõe troca de experiências e reciprocidade entre disciplinas e áreas do conhecimento. Os métodos da física nuclear, por exemplo, quando transferidos para a medicina, levaram ao descobrimento de novos tratamentos para o câncer, assim como a transferência de métodos da física de partículas para a astrofísica gerou uma nova disciplina, a cosmologia quântica.

No campo da educação, a interdisciplinaridade é uma orientação da LDB (MENEZES e SANTOS, 2002), cujo objetivo é fazer da sala de aula mais do que um espaço para simplesmente absorver e decorar informações. Segundo a orientação do Ministério da Educação (MEC), a interdisciplinaridade não pretende acabar com as disciplinas, mas utilizar os conhecimentos de várias delas na compreensão de um problema, na busca de soluções, ou para entender um fenômeno sob vários pontos de vista, já que se vale da multidisciplinaridade.

A interdisciplinaridade é, portanto, um instrumento que aponta para estabelecer – na prática escolar e nos processos de produção do conhecimento – interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência.

2.2.2 **Multidisciplinaridade**

A multidisciplinaridade diz respeito ao conjunto de disciplinas a serem trabalhadas simultaneamente, sem fazer aparecer as relações que possam existir entre elas,

destinando-se a um sistema de um só nível e de objetivos únicos, sem nenhuma cooperação. A multidisciplinaridade corresponde à estrutura tradicional de currículo e de linhas de pesquisa, as quais encontram-se fragmentadas em várias disciplinas. De acordo com o conceito de multidisciplinaridade, recorre-se a informações de várias matérias para estudar um determinado elemento, sem a preocupação de interligar as disciplinas entre si. Assim, cada matéria contribuiu com informações próprias do seu campo de conhecimento, sem considerar que existe uma integração entre elas. Essa forma de relacionamento entre as disciplinas é considerada pouco eficaz para a transferência de conhecimentos, já que impede uma relação entre os vários conhecimentos.

A multidisciplinaridade ocorre quando a solução de um problema torna necessário obter informação de duas ou mais ciências ou setores do conhecimento sem que as disciplinas envolvidas no processo sejam elas mesmas modificadas ou enriquecidas. A multidisciplinaridade foi considerada importante para acabar com um ensino extremamente especializado, concentrado em uma única disciplina.

A origem da multidisciplinaridade encontra-se na idéia de que o conhecimento pode ser dividido em partes (disciplinas), resultado da visão cartesiana e depois cientificista na qual a disciplina é um tipo de saber específico e possui um objeto determinado e reconhecido, bem como conhecimentos e saberes relativos a este objeto e métodos próprios. Constitui-se, então, a partir de uma determinada subdivisão de um domínio específico do conhecimento. A tentativa de estabelecer relações entre as disciplinas é que daria origem à chamada interdisciplinaridade. Neste sentido, a interdisciplinaridade pode ser considerada a evolução natural da multidisciplinaridade.

A multidisciplinaridade difere-se da pluridisciplinaridade porque esta, apesar de também considerar um sistema de disciplinas de um só nível, possui disciplinas justapostas situadas geralmente ao mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações existentes entre elas.

2.2.3 **Transdisciplinaridade**

Transdisciplinaridade é o princípio que se baseia no conhecimento socialmente construído e culturalmente inspirado e que busca uma intercomunicação entre as disciplinas, tratando efetivamente de um tema comum (transversal). Ou seja, na transdisciplinaridade não existem fronteiras entre as disciplinas.

A idéia de transdisciplinaridade surgiu para superar o conceito de disciplina, que se configura pela departamentalização do saber em diversas matérias (a universidade também se divide em institutos, faculdades ou departamentos disciplinares). Portanto, considera que as práticas educativas e a produção do conhecimento foram centradas em um ambiente disciplinar que verticaliza o conhecimento e em um paradigma em

que cada disciplina é abordada ou contribui de modo fragmentado e isolado das demais. Isto resultaria também na fragmentação das mentalidades, das consciências e das posturas que perdem assim a compreensão do ser, da vida, da ciência, da cultura, em suas relações e interrelações.

No ensino, transdisciplinaridade é um princípio do qual decorrem várias conseqüências práticas, tanto nas metodologias quanto na proposta curricular e pedagógica. Ela considera que embora cada um dos campos guarde suas especificidades, há entre eles um intercâmbio permanente, que pode formar novos campos. O essencial na transdisciplinaridade reside na postura de reconhecimento de que não há espaço nem tempo culturais privilegiados que permitam julgar e hierarquizar como mais corretos. A transdisciplinaridade repousa sobre uma atitude mais aberta, de respeito mútuo e mesmo de humildade em relação a sistemas de explicação e de conhecimentos, rejeitando qualquer tipo de arrogância ou prepotência. Ela admite vários e diferentes níveis de realidade, conforme os diversos níveis de percepção individual ou coletiva desta. Assim, nenhum nível de realidade constitui um lugar privilegiado de onde se possa compreender todos os outros níveis, ou seja, uma opinião diferente pode não estar errada, mas ser baseada em outra verdade, segundo outro nível de percepção ou compreensão.

A análise de um sistema ou fenômeno complexo leva naturalmente à fragmentação do conhecimento gerado sobre ele. A complexidade se nutre da explosão de heterogeneidades da pesquisa disciplinar ao mesmo tempo em que determina a aceleração da multiplicação das disciplinas. Por outro lado, a segmentação do conhecimento é um resultado ao mesmo tempo benéfico e perverso da modernidade. A crescente verticalização na direção de níveis cada vez mais profundos da realidade e rumo ao detalhe, resultou na acumulação de uma massa gigantesca de conhecimentos, compartimentalizada em disciplinas e especialidades vizinhas, porém que se ignoram umas às outras e raramente se tocam. Se por um lado a fragmentação das áreas de pesquisa propicia o aumento acelerado da massa de conhecimentos num ambiente complexo, por outro, ela dificulta a compreensão do todo. Um sistema complexo, por exemplo, não pode ser explicado como a soma das propriedades das suas partes ou subsistemas, pois estes exercem tal influência uns sobre os outros que o comportamento global se distancia significativamente daquele apresentado pela junção dos comportamentos das partes isoladas. Assim, a separação do conhecimento em disciplinas e a profunda especialização são paradoxalmente vantajosas e constrangedoras à compreensão da complexidade do mundo natural e do mundo social. Einstein demonstrou, por volta de 1954, estar ciente de que a geração compartimentalizada de novos conhecimentos sobre um fenômeno ou uma realidade não significa necessariamente que se aumente a capacidade de compreendê-la de forma global, ao questionar (CETRANS, 2002):

> "*Quem teria imaginado, em 1900, que em cinqüenta anos saberíamos muito mais e compreenderíamos muito menos?*"

A transdisciplinaridade é um meio de integrar conhecimentos em benefício do desenvolvimento social. Porém, torna-se cada vez mais difícil a integração dos conhecimentos acumulados por conta da explosão disciplinar que estrutura o próprio processo de acumulação. Esta capilarização das áreas faz com que qualquer agente se torne desatualizado de conhecimentos que já estão disponíveis. A interdisciplinaridade seria uma forma de romper as barreiras disciplinares e de se chegar à transdisciplinaridade, pois o desafio do ambiente transdisciplinar é superar as disciplinas sem perder as especialidades. A interdisciplinaridade considera um diálogo entre as disciplinas, porém continua estruturada nas esferas da disciplinaridade. A transdisciplinaridade, por sua vez, alcança um estágio mais avançado onde não há mais fronteiras entre as disciplinas e se consideram outras fontes e níveis de conhecimento. Não se configura, no entanto, como uma nova disciplina e os pesquisadores transdisciplinares não são novos especialistas. Também não se pode ver as pesquisas disciplinares, inter, multi e transdisciplinares como antagônicas, mas elas são de fato complementares.

2.2.4 **Defesa: Objeto Transdisciplinar**

Um objeto transdisciplinar emerge do conjunto dos diferentes níveis de realidade, não pode ser explicado ou compreendido por nenhuma disciplina isoladamente e é também circunstancial pela dificuldade de se mapear o seu comportamento futuro (CETRANS, 2002). O tema Defesa Nacional, na sua complexidade, é um objeto transdisciplinar, pois nenhuma disciplina é capaz, por si só, de fornecer as soluções para os problemas que se apresentam neste campo e as hipóteses de emprego de meios militares e civis emergem de uma conjuntura onde vários níveis de realidade são possíveis, segundo as diferentes percepções dos diversos atores ou especialistas envolvidos (sujeitos transdisciplinares).

Os processos de ensino/aprendizagem da Engenharia de Defesa e da produção do conhecimento nesta área, particularmente, requerem uma abordagem que venha a torná-los mais dinâmicos, possibilitando a articulação, a contextualização, a religação e a globalização dos conteúdos a serem desenvolvidos, de maneira que o aluno ou o pesquisador possa construir suas próprias competências, seu próprio conhecimento sobre os assuntos inerentes a esta área e relacioná-lo com outras áreas do conhecimento.

2.3 NOVA FORMA DE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO

O trabalho de GIBBONS et al (1994) apresentou uma visão sobre as tendências para a dinâmica da ciência e da pesquisa nas sociedades contemporâneas, a qual se refletiria em uma maneira diferente de produção do conhecimento baseada na transdisciplinaridade. Dentre os revisores da obra estavam tanto filósofos, historiadores e sociólogos, que acharam a argumentação dos autores simplista ou banal; ou analistas de políticas de C&T, que levantaram contra-argumentações tais como a evidência empírica das tendências identificadas no livro e o fato de que essas tendências não eram novas (NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS, 2003).

No entanto, a tese levantada de que a produção do conhecimento e o processo de pesquisa estavam sendo radicalmente transformados foi reconhecida por pesquisadores e responsáveis pelas políticas de C&T (NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS, 2003; ROCHA, 2004; STOKES, 2005; SILVEIRA, 2005). Essa tese foi chamada pelos autores de “Modo 2” e se baseia na tendência observada de que a produção do conhecimento seria socialmente distribuída, orientada para aplicações, transdisciplinar e sujeita a múltiplas auditorias. Intrinsecamente à noção de Modo 2 (ou de conhecimento socialmente distribuído) está a idéia de que ele não pode ser capturado e transmitido pelas formas tradicionais de publicações acadêmicas. Segundo a tese, o velho paradigma da descoberta científica (o assim chamado “Modo 1”), caracterizado pela hegemonia da ciência teórica ou, em parte, da ciência experimental, pela taxonomia de disciplinas e pela autonomia de cientistas e de universidades, estava sendo substituído por um novo modelo de produção do conhecimento.

Alguns defensores desse novo modelo são também aqueles que têm mais a ganhar com ele (NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS, 2003):

- responsáveis pelas políticas de C&T, que tentam criar melhores mecanismos para ligar a ciência à inovação;
- pesquisadores da área de gestão, que lutam para se livrar da condescendência de disciplinas mais estabelecidas e mais acadêmicas;
- pesquisadores de universidades mais recentes, de outras Instituições de Ensino Superior (IES) ou de fora dos sistemas acadêmicos e científicos estritamente definidos, que buscam se firmar nos campos da pesquisa.

Por outro lado, os autores do paradigma Modo 2 reconhecem que os mais céticos e que têm mais a perder com a tese são os pesquisadores em disciplinas e instituições bem estabelecidas, pois temem que a qualidade da ciência seja corrompida se tais idéias niveladoras contaminarem as políticas de investimento em C&T e que suas próprias autonomias sejam colocadas em perigo se outras ligações mais explícitas e

esclarecedoras forem estabelecidas entre a pesquisa científica e a inovação tecnológica.

Apesar do novo modelo ter sido rediscutido por NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS (2001) como forma não só de responder às críticas, mas também com a finalidade de desenvolvê-lo ainda mais e de evitar que ele caísse no relativismo e na sobre-simplificação do argumento, algumas dificuldades de entendimento ainda permanecem pelas seguintes razões (NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS, 2003):

- Como descrever e defender, em uma linguagem acadêmica tradicional (Modo 1, na terminologia dos autores), idéias que tentam analisar como esta linguagem está sendo superada (Mode 2)?

- O Modo 2 não é somente um conceito inerentemente aberto para manipulação e exploração, ele é também um projeto, um exemplo de distribuição social do conhecimento que ele próprio objetiva descrever.

Algumas idéias principais expostas por NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS (2003) são discutidas nesta seção com o intuito de melhor caracterizar o (supostamente) novo ambiente de produção de conhecimento e de inovação em que se insere o PGED.

2.3.1 Mudanças no Ambiente de Pesquisa

A natureza do processo de pesquisa está sendo transformada, apesar da novidade e intensidade dessa transformação não ser bem compreendida nos meios acadêmicos. No entanto, três tendências são geralmente aceitas como significantes: (a) o direcionamento das prioridades de pesquisa, (b) a contratação da pesquisa, e (c) a auditagem da ciência.

O primeiro elemento na transformação da pesquisa é o aumento do direcionamento das suas prioridades, que se dá em três níveis:

- Supranacional: programas sucessivos da Comunidade Européia, por exemplo, têm tentado moldar as prioridades e construir uma capacidade de pesquisa para atender necessidades econômicas e sociais identificadas. Esses esforços têm sido apoiados pela comunidade de pesquisa porque os programas de fomento têm sido amplos no seu escopo (somente poucas áreas têm sido excluídas) e, principalmente, porque eles têm trazido recursos adicionais.

- Americano (nacional, para os EUA): a tendência de desenvolver programas de pesquisa dedicados tem aumentado em todos os ministérios. Esses programas tentam, ao mesmo tempo, focar agendas políticas de curto prazo como desenvolver capacidades de pesquisa de longo prazo. Existe também uma tendência de previsão relativamente aberta e especulativa de necessidades futuras de pesquisa.

– Sistêmico: em muitos países, inclusive no Brasil, os conselhos de pesquisa e órgão de fomento têm adotado de forma crescente prioridades de pesquisa pró-ativas (ou *top-down*), em lugar de políticas essencialmente reativas (ou *bottom-up*), pelas quais a melhor proposta de pesquisa identificada por um processo de revisão por pares é financiada independentemente do foco dos seus objetivos. Hoje os programas temáticos são mais enfatizados, e.g., os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e as Redes Temáticas da Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.). As universidades começaram a gerenciar as suas prioridades de pesquisa de forma mais agressiva, ao invés de simplesmente prover um ambiente de apoio.

O segundo ponto é a clara tendência da "pesquisa contratada", um modelo cada vez mais presente já que o financiamento público para as pesquisas tem se tornado menos adequado e os pesquisadores têm se voltado progressivamente para fontes alternativas de recursos. A universidade e os institutos de pesquisa, por sua vez, estão mais cientes do valor da propriedade intelectual gerada pelas suas pesquisas. O financiamento da pesquisa foi sempre suprido por várias fontes, o que também contribui para a diversidade e criatividade do sistema de pesquisa. Com relação ao financiamento público, existe uma tendência dos governos em definir seus novos papéis a partir da tentativa de alinhar políticas públicas de pesquisa com prioridades de mercado por meio de parcerias público-privadas.

O que leva as universidades a buscar um melhor proveito da propriedade intelectual é o equilíbrio das suas contas, visto que os investimentos públicos com a educação superior e a pesquisa têm sido insuficientes para fazer face aos seus custos e que os produtos do conhecimento estão cada vez mais valorizados no mercado em termos de um retorno financeiro imediato. Embora estes motivos sejam compreensíveis, o objetivo de explorar a propriedade intelectual tem duas conseqüências importantes:

– Quem possui o direito à propriedade intelectual? O pesquisador individual, o grupo de pesquisa, a comunidade de pesquisa ou a instituição? Assim, a negociação da divisão dos direitos à exploração da propriedade intelectual pode transformar o caráter organizacional da universidade.

– A exploração da propriedade intelectual desafia a idéia (ideal?) de ciência como um bem público. Se a propriedade intelectual tem um valor financeiro, ela não pode ser publicada livremente em periódicos baseados em revisão por pares ou em conferências científicas abertas a todos. No entanto, sabe-se que a qualidade da ciência é fortemente determinada pela sua exposição à crítica e à contra-argumentação e este processo se torna muito mais difícil se a circulação das descobertas científicas for restrita.

O terceiro elemento é a crescente ênfase no gerenciamento da pesquisa e, em particular, no esforço de avaliar sua efetividade e sua qualidade. Os conselhos de pesquisa e órgãos de fomento, sempre que possível, tentam incluir e avaliar todo estilo de pesquisa e tornar o processo de avaliação o mais transparente possível por meio da publicação dos detalhados critérios usados pelos comitês de consultoria *ad hoc* e pela identificação de seus membros, provendo também uma realimentação (limitada) sobre os graus atribuídos por esses comitês. No entanto, distorções são produzidas e hierarquias são reforçadas pela taxonomia dos processos de avaliação, notadamente pela separação das áreas de avaliação. Dessa forma, a pesquisa interdisciplinar tende a se desagregar e, conseqüentemente, a ser desvalorizada a verdadeira pesquisa criativa situada nas fronteiras entre as áreas do conhecimento. Outra crítica é que os mecanismos de auditagem da pesquisa científica e do seu gerenciamento têm encorajado os pesquisadores a adotar uma produção de estilo industrial, ou seja, é mais seguro fornecer resultados previsíveis (e de segunda linha?) no prazo do que pesquisa inovadora com atraso. Apesar disso, os processo de avaliação e auditagem têm sido internalizados pelas instituições e movidos para o domínio de competência organizacional e gerencial.

2.3.2 Novo Enfoque de Ciência

Como resultado dessas e outras tendências, a pesquisa que é descrita como básica, pura, fundamental ou desinteressada, é agora uma preocupação menor, mesmo nas universidades. O conhecimento científico é visto, atualmente, não como um bem público, mas mais como propriedade intelectual, a qual é produzida, acumulada e comercializada como um bem ou serviço. Uma nova linguagem foi inventada – a linguagem da aplicação, relevância, contextualização, transferência de tecnologia e gestão do conhecimento.

Esforços para desenvolver essa nova linguagem – pela qual se descreve a transformação da pesquisa, se mapeia seus novos conceitos e se cria o novo discurso – têm produzido uma extensa literatura de:

- lamentação: trata essa transformação como inimiga da produção de pesquisa de alta qualidade, bem como uma potencial ameaça à livre reflexão de uma sociedade aberta;

- modernização: enfatiza a importância da pesquisa na sociedade do conhecimento e a necessidade de alinhar suas prioridades de forma a se aproximar dos objetivos políticos, econômicos e sociais;

- investigação empírica: usa conjuntos de dados de larga escala para gerar índices de citação que aumentam a compreensão dos modos dominantes da produ-

ção científica, tais como as tendências à autoria multiinstitucional;

– especulação teórica: tenta rejustificar a tradicional autonomia da ciência, ou aceitar e explicar o novo paradigma da pesquisa científica, ou ainda adotar uma posição intermediária.

2.3.3 Modo 2 de Produção do Conhecimento

O Modo 2 de produção do conhecimento tem várias características (NOWOTNY, SCOTT e GIBBONS, 2003). Em primeiro lugar, ele é desenvolvido em um contexto de aplicação. Contudo, o Modo 2 difere do processo de aplicação pelo qual a ciência pura, gerada em ambientes teórico-experimentais, é aplicada, a tecnologia é transferida e o conhecimento é subseqüentemente gerido. O contexto de aplicação no Modo 2, em contrapartida, descreve o ambiente global no qual os problemas científicos aparecem, as metodologias são desenvolvidas, os resultados são disseminados e os usos são definidos. Ou seja, ao contrário do pensamento de BUSH (1945) e de BROOKS (1979) em que o processo de pesquisa pode se estabelecer de um modo seqüencial, no Modo 2 de produção do conhecimento o processo não segue ordenamentos pré-definidos.

Para reforçar essa primeira característica, vários cientistas têm argumentado que a pesquisa aplicada inclui estudos que também buscam um entendimento mais básico de uma área (STOKES, 2005). Daí vem o conceito de pesquisa básica inspirada pelo uso (ou orientada) como um subconjunto da pesquisa aplicada, conforme ilustra a Figura 2.1, que rompe com a idéia de um espectro unidimensional e seqüencial na relação entre a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. STOKES (2005) também apresenta muitas evidências históricas que quebram o paradigma de Bush e criam o modelo de quadrantes da pesquisa científica (Figura 2.2).

A célula superior esquerda inclui a pesquisa básica que é conduzida somente pela busca de entendimentos, sem considerações sobre utilização prática. Pode ser chamada de Quadrante de Bohr, visto que a procura de um modelo atômico de Niels Bohr foi claramente uma pura viagem de descoberta. A célula no canto direito inferior inclui a pesquisa guiada exclusivamente por objetivos aplicados, sem procurar um entendimento mais geral dos fenômenos de um campo da ciência. Esta célula é chamada de Quadrante de Edison, dada a maneira estrita com que esse inventor impediu que seus colaboradores perseguissem as implicações científicas mais profundas das descobertas em busca de um sistema de iluminação elétrica comercialmente rentável. O canto superior direito traz a célula contendo a pesquisa básica que busca estender as fronteiras do entendimento, mas que é também inspirada por considerações de uso. Ela é chamada de Quadrante de Pasteur, em vista do claro exemplo de combinação desses objetivos no direcionamento de Pasteur para o entendimento e o uso, pois pro-

curava entender e controlar os processos microbiológicos que descobriu. Por fim, o quadrante inferior à esquerda inclui a pesquisa que não é inspirada pelo objetivo do entendimento nem pelo de uso e não está vazio. Fazem parte deste quadrante, as pesquisas que exploram fenômenos particulares, impulsionadas pela curiosidade do investigador.

O Modo 2, no entanto, tem características suplementares que o colocam num patamar mais global na produção do conhecimento científico, como visto a seguir.

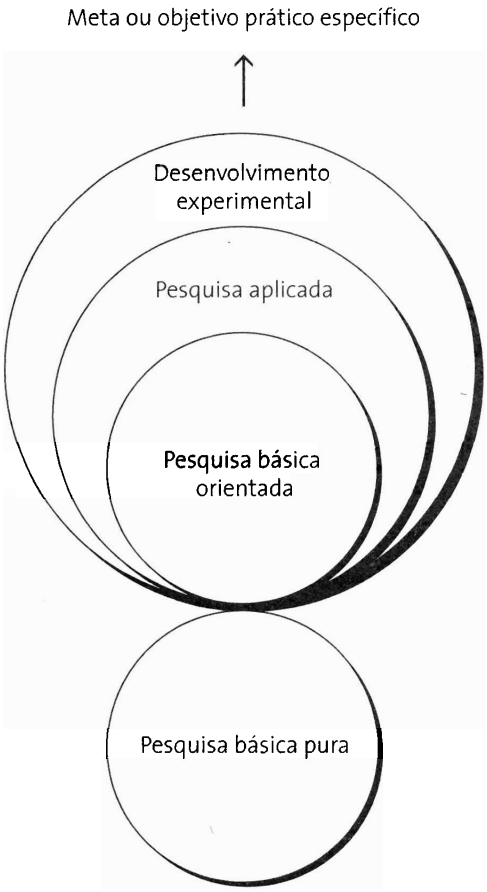


Figura 2.1: Esquema dos conceitos de pesquisa básica e de pesquisa aplicada

Fonte: STOKES (2005)

Uma segunda característica do Modo 2 é a transdisciplinaridade, pela qual se mobiliza um conjunto de perspectivas teóricas e de metodologias práticas para resolver problemas. Mas, diferentemente da inter e multidisciplinaridade, as soluções não são necessariamente derivadas de disciplinas preexistentes e nem sempre contribuem para a formação de novas disciplinas. O ato criativo reside na capacidade de mobilizar a gerenciar essas perspectivas e metodologias (orquestração “externa”), assim como no desenvolvimento de novas teorias ou conceituações ou no refinamento de métodos de pesquisa (dinâmica “interna” da criatividade científica). Em outras palavras, o Modo 2 é incorporado na expertise de pesquisadores individuais e de grupos de pesquisa

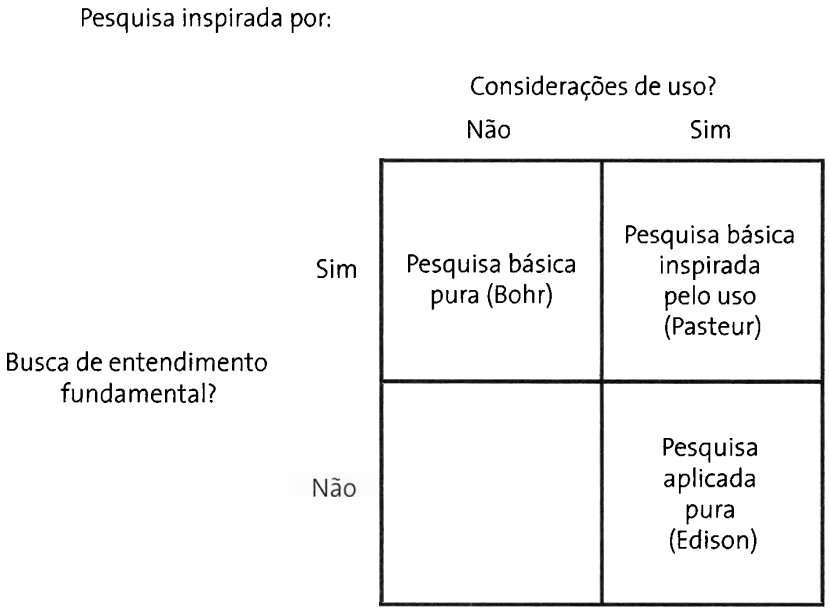


Figura 2.2: Modelo de quadrantes da pesquisa científica

Fonte: STOKES (2005)

tanto quanto, ou possivelmente mais do que, codificado e transmitido em produtos de pesquisa convencional tais como artigos de periódicos ou patentes.

Uma terceira característica está relacionada com a maior diversidade de lugares nos quais o conhecimento é produzido e de tipos de conhecimentos produzidos. O primeiro fenômeno desta característica não é propriamente novo e refere-se às comunidades de pesquisa virtuais que atravessam as fronteiras nacionais e culturais. No entanto, no Modo 2, a dinâmica dessas comunidades tem se transformado, uma vez que a comunicação que restringia as interações entre os seus membros é agora instantânea devido ao avanço das tecnologias de informação. Esta mudança se intensificou pelo segundo fenômeno, o fato de que as comunidades de pesquisa têm hoje fronteiras abertas que permitem a novos tipos de organizações do conhecimento se juntarem às atividades de pesquisa, tais como institutos de políticas (sociais, econômicas, estratégicas, científico-tecnológicas, de P&D etc.), consultores de gestão, grupos ativistas etc.

Uma quarta característica é que o Modo 2 é altamente reflexivo. O processo de pesquisa não pode mais ser caracterizado como um objetivo de investigação do mundo natural (ou social). Ao contrário, o processo de pesquisa tem se tornado um processo intenso de diálogo contínuo (e talvez sem fim) e de discussão entre os atores e os sujeitos de pesquisa, a tal ponto que o vocabulário básico da pesquisa (o que, quem, qual, como) está prestes a perder o seu significado. Como resultado, as noções tradicionais de auditagem têm sido radicalmente revisadas. As conseqüências previstas e intencionais do novo conhecimento não podem ser vistas como estando

fora do processo de pesquisa porque o ambiente de solução dos problemas influencia na escolha da área do problema, no projeto de pesquisa, assim como no uso final da solução.

Uma quinta característica é encontrada nas novas formas de assegurar a qualidade. No Modo 2 de produção do conhecimento, os pares científicos não podem mais ser identificados de maneira confiável, pelo fato de que não existe mais uma classificação estável de disciplinas codificadas a partir da qual se possa delinear um conjunto de pares. Então, as formas reducionistas de controle de qualidade não podem ser facilmente aplicadas a um conjunto de questões de pesquisa muito mais amplo, e critérios claros e imutáveis não estão mais disponíveis. Ao contrário, deve-se aprender a conviver com múltiplas definições de qualidade, um fato que complica seriamente e pode até comprometer os processos de escolha, priorização e seleção sobre os quais os responsáveis pelas políticas de C&T e as agências de fomento têm que se apoiar.

Essas cinco características foram desenvolvidas em vários contextos. Não obstante a ameaça à autonomia científica e à qualidade da pesquisa, o primeiro e já mencionado contexto foi o da pesquisa contratada, pela qual a pesquisa foi revitalizada na sua prioridade, no seu uso e nos recursos por ela demandados, uma vez que o financiamento público é inerentemente restritivo e insuficiente. O segundo foi o desenvolvimento de uma grande massa de educação superior e de pesquisa nas décadas de 1950 a 1970, as quais propiciaram o aparecimento de novas sinergias e uma larga distribuição social da produção do conhecimento. O terceiro contexto foi o proporcionado pelo papel das ciências humanas na produção do conhecimento, que ao contrário do Modo 1 em que eram vistas como as menos comprometidas com a pesquisa, na perspectiva do Modo 2 elas têm um alto grau de comprometimento, pois incorporam noções de reflexibilidade da qual as ciências naturais e mesmo as sociais desconfiam. A globalização foi o quarto contexto, em que o Modo 2 é uma ferramenta útil para desbloquear e amenizar alguns fenômenos contraditórios como, por exemplo, a tensão entre a modernidade (valores iluministas e cultura científica) e a modernização (a aplicação da ciência e da tecnologia).

Os dois últimos contextos são também os menos desenvolvidos: a potential reconfiguração das instituições que se voltaram para uma produção do conhecimento mais amplamente distribuída e de maior reflexibilidade; e o gerenciamento do conhecimento Modo 2. O mundo moderno está repleto de instituições experientes que não são essenciais somente para o avanço social e o progresso tecnológico, mas também para moldar as identidades de pessoas e grupos e influenciar as próprias instituições e os usos do conhecimento. De forma similar, a produção do conhecimento, embora amplamente distribuída, transdisciplinar, heterogênea e reflexiva, tem que ser gerenciada. Mais escolhas sobre prioridades científicas têm que ser feitas de forma cada vez mais urgente e esta explosão de escolhas torna mais difícil agregá-las em um quadro

de programas de pesquisa planejado. Isso significa que o problema do gerenciamento da pesquisa deve ser conduzido de uma forma diferente no Modo 2 de produção do conhecimento.

2.4 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DEFESA NOS EUA

Nesta seção, são apresentadas as experiências do Departamento de Defesa (DoD, do inglês *Department of Defense*) dos Estados Unidos da América (EUA) na área de P&D, com foco nas estratégias para a pesquisa básica (FOUNTAIN, 2004) e nas formas de parcerias com as universidades para fazer face aos desafios que se apresentam neste campo (IAFRATE, 2002).

2.4.1 **Estratégias para a Pesquisa Básica**

Os pontos principais discutidos por FOUNTAIN (2004), a respeito da habilidade do DoD em fomentar pesquisa nas universidades, laboratórios e indústrias, são aqui apresentados e comentados.

As Forças Armadas dos EUA possuem hoje um nível sem precedente de superioridade tecnológica em todo o espectro de ameaças militares. O estágio atual de avanço na área de C&T de defesa foi alcançado principalmente por meio de financiamentos de longo prazo, providos pelo governo americano e por meio do DoD, à pesquisa básica e ao desenvolvimento tecnológico durante a Guerra Fria. No futuro, a superioridade nesse campo continuará sendo o alicerce da estratégia militar americana (FERREIRA, 2004; FOUNTAIN, 2004).

O grande impulso que culminou no atual avanço tecnológico dos EUA foi uma decisão, tomada logo após a II Guerra Mundial, de criar uma grande força motriz nacional para o incentivo e o fomento público às pesquisas científicas. A base dessa decisão foi apresentada pelo relatório de BUSH (1945) que, como já descrito anteriormente, estabeleceu uma visão de como os EUA poderiam manter seu investimento em pesquisa científica após o término da guerra com base em um modelo unidimensional e seqüencial da relação entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada. O plano do OSRD era de financiar amplamente os projetos científicos em laboratórios acadêmicos independentes dos estabelecimentos militares, ou seja, as universidades ficariam encarregadas dos trabalhos de pesquisa fundamental e os laboratórios governamentais e os arsenais fariam o desenvolvimento tecnológico militar em cooperação com a indústria. Ficou, portanto, estabelecida a idéia de que as aplicações desenvolvidas a partir da pesquisa básica freqüentemente surgiriam muitos anos depois que os trabalhos de pesquisa fossem iniciados e que poderia não existir um benefício claro de boa parte desses trabalhos.

No entanto, durante os 50 anos que sucederam a II Guerra Mundial, houve mudanças que levaram a um importante ajuste na estratégia americana para o financiamento da pesquisa científica de defesa. O financiamento público da pesquisa básica pelo DoD durante a Guerra Fria foi bem sucedido porque pôde aproveitar o longo prazo dos projetos de pesquisa que produziram tecnologias maduras para o desenvolvimento. Um exemplo é o Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês *Global Positioning System*), que revolucionou as doutrinas militares e cujas pesquisas iniciaram-se em 1946, sendo o primeiro satélite lançado em 1978 e a constelação completa de 24 satélites colocada em órbita em 1994.

No entanto, com o fim da Guerra Fria e o surgimento de um mercado tecnológico global, muitas tecnologias críticas de defesa estão prontamente disponíveis tanto aos países aliados como aos adversários e, no novo ambiente de mudanças rápidas, o DoD não pode mais dispor de 48 anos para pesquisar, desenvolver e desdobrar tecnologias críticas para o combatente. Não obstante a dinâmica do processo de financiamento público da pesquisa básica de defesa em universidades continuar sendo lenta e focada em objetivos mal formulados para o adequado desenvolvimento de tecnologias necessárias aos modernos sistemas de combate e à guerra contra o terrorismo, o DoD tem mantido a mesma infra-estrutura e a mesma política de fomento que foi desenvolvida para a Guerra Fria. De forma a se manter à frente dos adversários potenciais com acesso às tecnologias críticas disponíveis no mercado mundial, o DoD necessita encurtar o tempo de desenvolvimento de novas tecnologias. Em FOUNTAIN (2004) são apresentados o processo de planejamento de C&T do DoD e algumas estratégias para melhorar o desempenho da pesquisa básica na área de defesa, conforme o que se segue.

Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD

O Programa de C&T do DoD é definido e coordenado por meio de cinco documentos: a Estratégia de C&T de Defesa, o Plano de Área de Tecnologia de Defesa, o documento de Objetivos Tecnológicos de Defesa, o Plano de C&T de Combate Combinado e o Plano de Pesquisa Básica (Figura 2.3). Esses documentos, assim como os planos de apoio individual de C&T dos serviços militares e agências de defesa são os guias para a preparação do orçamento do DoD e dos *Program Objective Memoranda* (POM). Os quatro primeiros documentos são planos quadrienais, enquanto que o quinto é atualizado de dois em dois anos.

A Estratégia de C&T de Defesa estabelece as áreas para investimento de alta prioridade e, então, implementa os objetivos previstos por meio das agências ou serviços (Organização de Defesa de Mísseis Balísticos, Agência de Redução de Ameaças de Defesa, Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa, Escritório de Siste-

mas Avançados e Conceitos do DoD e o Estado-Maior Combinado) designados para conduzir cada área de pesquisa. Este processo é chamado de “Confiança” e permite ao DoD combinar recursos e reduzir redundâncias.

O Plano de Área de Tecnologia de Defesa e o documento de Objetivos Tecnológicos de Defesa estabelecem o foco, o conteúdo e os principais objetivos dos esforços globais do DoD em C&T. Esses documentos resumem a estratégia de investimentos para a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de tecnologias avançadas em 12 áreas críticas para o DoD. O plano detalha também aproximadamente 200 Objetivos Tecnológicos de defesa estabelecidos para os serviços e agências. Esses objetivos formam a base do processo Confiança em C&T de Defesa. O PBCT é o documento similar do Exército Brasileiro no âmbito do SCTEx.

O Plano de C&T de Combate Combinado é similar ao Plano de Área de Tecnologia de Defesa. No entanto, ele assegura que esforços conjuntos sejam depreendidos em todas as áreas de desenvolvimento de tecnologias avançadas e de pesquisa aplicada. Este documento resume os Objetivos de Capacidade de Combate Combinado, que são similares nos seus princípios aos Objetivos Tecnológicos de Defesa, porém o propósito primário é assegurar que o programa de C&T contemple futuras capacidades do combate combinado.

Juntos, o Plano de C&T de Combate Combinado e o Plano de Área de Tecnologia de Defesa garantem que as necessidades de curto e médio prazos das forças combinadas sejam adequadamente balanceadas e contempladas nas atividades de planejamento, programação, orçamento e avaliação do DoD. Enquanto as áreas técnicas contempladas nos dois planos são diferentes, a participação ativa dos laboratórios de serviço, das agências de defesa e dos combatentes provê os requisitos que orientam as áreas da pesquisa básica. Esses requisitos são avaliados pelo DoD por intermédio das Avaliações e Revisões de Áreas Tecnológicas (TARA, do inglês *Technology Area Reviews and Assessments*).

Representantes da academia, governo e indústria participam das Avaliações e Revisões de Áreas Tecnológicas, que são efetuadas com base nas suas características de completude, equilíbrio, relevância e planos de transição, com o objetivo de evitar duplicações desnecessárias com outros programas do DoD. Nesta fase, os programas do DoD são também confrontados com as diretrizes do Diretor de Pesquisa de Defesa & Engenharia do Escritório do Secretário de Defesa, a Estratégia de C&T de Defesa, o Plano de C&T de Combate Combinado, o Plano de Área de Tecnologia de Defesa e o Plano de Pesquisa Básica. É dada uma ênfase especial na capacidade de resposta dos programas aos Objetivos Tecnológicos de Defesa, os quais estabelecem quais avanços tecnológicos devem ser buscados, para qual ano fiscal, para qual benefício específico, ultrapassando qual barreira tecnológica e para que serviço. Como mostra a Figura 2.3, o Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD é principalmente

utilizado para desenvolver os POM. Uma crítica a este processo é que não há critérios efetivos para avaliar a habilidade desses programas em cumprir os requisitos de combate combinado. Simplesmente, não existe nenhum mecanismo pronto para avaliar se tais requisitos são cumpridos antes que uma dada tecnologia seja empregada.

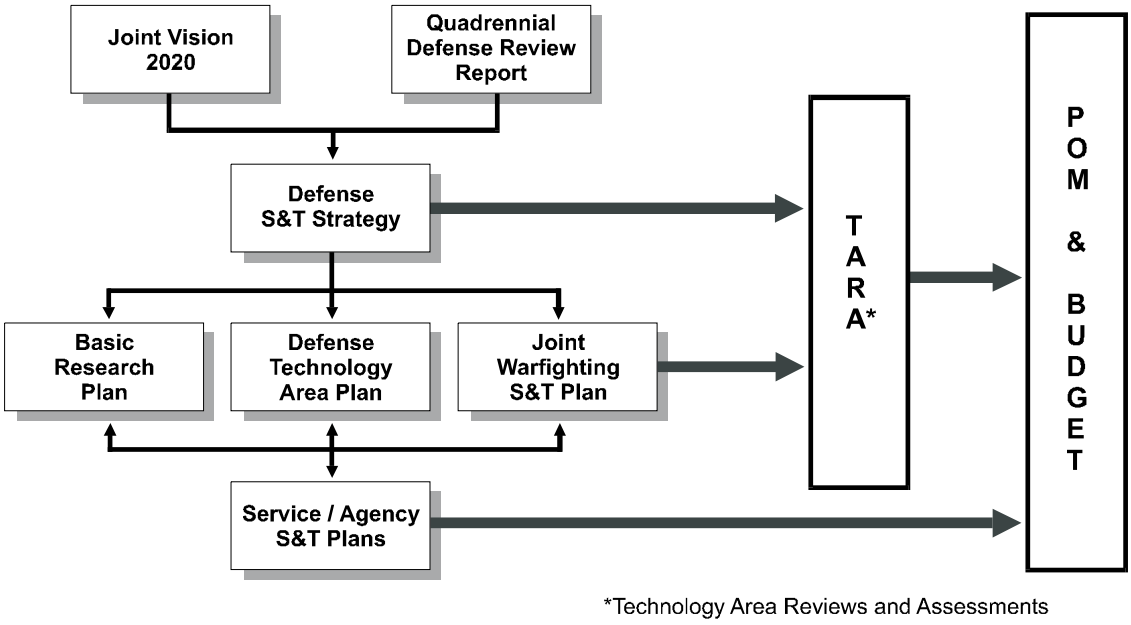


Figura 2.3: Processo de Planejamento Estratégico de C&T do DoD

Fonte: IAFRATE (2002)

Pesquisa Básica na Área de Defesa

Como já foi enunciado na Seção 2.1.3, a pesquisa básica se preocupa primariamente com a descoberta de novos conhecimentos fundamentais e com a expansão da compreensão em uma dada área. A pesquisa básica na área de defesa é, portanto, dirigida para o avanço do conhecimento no sentido de disponibilizar futuras tecnologias que beneficiem as capacidades de defesa de uma nação. O caráter da pesquisa básica de defesa, no entanto, se diferencia de outras pesquisas similares mais pelos pesquisadores e suas motivações do que pela pesquisa realmente conduzida.

O Plano de Pesquisa Básica apresenta os objetivos do DoD e as suas estratégias de investimento para a pesquisa básica conduzida por universidades, indústrias e laboratórios. O plano apóia as necessidades de pesquisa de longo prazo do DoD apresentadas em cada uma das doze disciplinas técnicas: ciências do espaço e atmosférica, ciência dos materiais, ciências biológicas, matemática, química, mecânica, ciência neural e cognitiva, ciências do oceano, ciência da computação, física, eletrônica e ciências da terra. Conforme o exposto nas Seções 2.1.3 e 2.3, normalmente

é difícil delinear o limite entre a pesquisa básica e aplicada. No contexto do DoD, entretanto, a primeira deve disponibilizar muitas aplicações e usos potenciais futuros, enquanto a segunda deve buscar preencher as lacunas de conhecimento para o domínio de uma aplicação específica.

Se por um lado o orçamento do DoD no ano fiscal de 2003 para a pesquisa, desenvolvimento, teste e avaliação foi de 57 bilhões de dólares, por outro, o orçamento destinado à pesquisa básica foi de um bilhão e meio, aproximadamente, ou seja, somente 2,49% do valor investido na pesquisa aplicada. Contudo, este montante tem se mantido aproximadamente constante desde 1985. Quanto à destinação dos investimentos em pesquisa, perto de 54% da totalidade dos fundos foram para as universidades, para áreas e projetos não diretamente relacionados com aquelas indicadas no Plano de Área de Tecnologia de Defesa. Ao invés de ser gasto em um esforço para atender as necessidades tecnológicas do combatente, a maior parte desses recursos financeiros é aplicado em objetivos mais altruístas, tais como: estabelecimento de pesquisa colaborativa entre professores universitários e estudantes e laboratórios militares; fortalecimento de programas acadêmicos em ciência, matemática e engenharia; encorajamento de estudantes para as carreiras da ciência; fornecimento de equipamentos, bolsas de estudo e oportunidades de trabalho e estudo; ajuda a universidades para melhora de suas capacidades de realização de pesquisa de interesse do DoD; e treinamento de estudantes em disciplinas científicas. Acredita-se, assim, que esses investimentos são cruciais para despertar o interesse de mentes privilegiadas em ajudar o DoD a resolver problemas importantes.

A pesquisa básica em defesa é também conduzida por um processo competitivo pelo qual pesquisadores individuais ou grupos de pesquisa submetem propostas de projetos de pesquisa para concorrer a financiamentos, bolsas e apoio a infra-estrutura. O programa Iniciativa de Pesquisa Universitária Multidisciplinar se baseia em tal processo e é o principal meio de obter apoio financeiro do DoD para pesquisa básica.

Na academia, a revisão e avaliação de propostas de pesquisa por pares têm sido utilizadas como forma de assegurar que os fundos de agências federais sejam direcionados para os melhores projetos, garantindo assim a qualidade na alocação de recursos. No entanto, essa avaliação ocorre somente no início do processo de fomento, com poucas verificações subseqüentes da qualidade dos resultados da pesquisa. Os recursos deveriam ser direcionados prioritariamente aos esforços que demonstrem as mais altas produtividades segundo alguma métrica escolhida. Porém, medir resultados de pesquisa e, em particular, a produtividade da pesquisa básica é uma questão altamente problemática. De fato, a pesquisa básica não é determinística, sendo difícil antever se um projeto terá sucesso ou mesmo prosseguirá na direção proposta originalmente.

Atualmente, não existe uma forma amplamente aceita no governo federal e na

comunidade científica americanos para priorizar decisões sobre a alocação de recursos entre e através das diversas áreas disciplinares. Enquanto métricas tais como quantidade e qualidade de publicações revisadas por pares, citações, estudantes de pós-graduação, prêmios de pesquisa e o nível de fomento externo são indicadores de um programa de pesquisa vibrante, elas não mostram necessariamente como as necessidades do combatente estão sendo atendidas. Sem alguma prestação de contas sobre os resultados da pesquisa individual ou institucional para o processo de Avaliação e Revisão de Áreas Tecnológicas, a alocação de fundos com base nas métrica mencionadas e no mérito científico não atenderá a todas as necessidades do programa de pesquisa básica do DoD. O fato é que nenhum dos 181 projetos recentes aprovados pelo programa Iniciativa de Pesquisa Universitária Multidisciplinar gerou tecnologia para as forças combatentes.

Um acordo de P&D cooperativo é outra forma de parceria entre o DoD e as indústrias e universidades. O foco é o compartilhamento de dados, competências e propriedade intelectual, podendo também envolver pessoal, serviços, materiais, equipamentos e instalações, com ou sem reembolso ao DoD. Os direitos de invenção e de propriedade intelectual são flexíveis e negociados como parte do acordo.

O montante de ajuda federal provida ao DoD para a pesquisa básica é muito pequeno em comparação com aquele dos Institutos Nacionais de Saúde, do Departamento de Energia, da *National Science Foundation* ou da NASA. É importante ressaltar que, nos anos de 1970, a indústria americana investiu em pesquisa básica no apoio à infra-estrutura para grandes grupos interdisciplinares. Segundo James C. McGroddy, aposentado em 1996 como vice-presidente senior para a pesquisa da IBM, “a indústria pode tirar grandes benefícios da pesquisa se ela for gerenciada corretamente. [...] Quando adequadamente gerenciada, atrai as melhores pessoas, move a ciência básica para a invenção e para novas tecnologias, as quais geram patentes chave para as empresas.” Equipes de trabalho em um único quadro corporativo, com potentes ferramentas de capital e um gerenciamento dirigido para os objetivos, têm demonstrado que podem conduzir grandes projetos, freqüentemente com mais sucesso do que consórcios acadêmicos reconhecidamente competentes mas dispersos. Este conceito não é novo e é similar ao do Projeto Manhattan que criou a bomba atômica ao mesmo tempo que fez grandes avanços no campo da física de altas energias.

Os Laboratórios do DoD

A visão de Vannevar Bush de estatizar o financiamento à pesquisa teve como objetivo principal manter o alto nível de capital científico e intelectual criado durante a II Guerra Mundial e aplicá-lo em propósitos práticos. Uma força de trabalho capacitada e universidades munidas com pesquisadores capazes poderiam criar uma reserva es-

tratégia científica importante para a Nação americana em tempos de guerra futuros. No entanto, Bush também reconheceu que o sucesso tecnológico alcançado pelos aliados durante a guerra oferecia algum perigo e que havia uma necessidade continuada de apoio à segurança nacional por parte da pesquisa. Ele sentiu que essa pesquisa seria melhor conduzida por meio de uma organização controlada pelo meio civil com estreita ligação com o Exército e a Marinha, mas com financiamentos diretos do Congresso. Atualmente, existem 700 laboratórios e centros de pesquisa pertencentes ao Sistema de Laboratórios Federados que foram criados nesse contexto.

Estudos recentes sobre a situação desses laboratórios indicaram inequivocamente que são um componente essencial da máquina combatente dos EUA, mas estão em estado de crise severa. Os dois relatórios mais recentes, em particular, afirmam que esse sistema de laboratórios tem sido tão pouco apoiado financeiramente que perderá a capacidade de atrair e reter cientistas e engenheiros de alto nível, essenciais para realizar a pesquisa necessária à preservação da superioridade tecnológica militar americana, salvo se receba ajuda urgente do DoD ou do Congresso Nacional. Tal situação irá mudar somente se houver uma mudança no sistema. Segundo um relatório sobre C&T na Força Aérea Americana do Século XXI, um laboratório ideal de C&T de defesa deve ser avaliado pelas seguintes características que demonstram a sua capacidade de contribuir para o sistema a que pertence:

- C&T focadas nas necessidades do combatente;
- desenvolvimento de capacidades inovadoras;
- eficiente geração de tecnologia em relação aos recursos recebidos;
- efetiva evolução tecnológica;
- alto envolvimento nos processos decisórios do sistema;
- alta prioridade nos principais clientes.

Estas características simplesmente não podem ser reproduzidas em um sistema de pesquisa baseado somente na revisão por pares. O IME, por ser uma instituição voltada para os interesses do Exército Brasileiro e da Defesa Nacional, tem a capacidade de fazer do PGED um instrumento para melhorar ou buscar implementar as características acima descritas. Portanto, em consonância com a visão de futuro recentemente estabelecida para a área de C&T de uma força armada de primeiro mundo.

Transformações na Pesquisa Básica de Defesa

Enquanto o DoD luta para efetuar mudanças na sua própria estratégia e infraestrutura de pesquisa, o Instituto Nacional de Saúde está tentando fazer o mesmo

com a finalidade de melhor aproveitar o seu orçamento para a pesquisa básica. Esse instituto encomendou à Academia Nacional de Ciências um estudo sobre mudanças na sua estratégia de financiamento à pesquisa básica, a qual é similar à do DoD, inclusive no que concerne à forte dependência da avaliação baseada na revisão por pares. Muitas das recomendações feitas por esse estudo poderiam, então, ser aplicadas ao caso do DoD.

A recomendação mais fundamental, porém também a mais difícil de ser implementada, é o estabelecimento de um conjunto de métricas para avaliar o resultado técnico-científico de cada projeto de pesquisa. Outra recomendação é que as avaliações dos projetos devam ser feitas periodicamente por meio de painéis externos, independentes e conduzidos por pares, incluindo cientistas do meio acadêmico, de agências governamentais e da indústria. O processo deve também incluir uma avaliação sobre os benefícios práticos da pesquisa.

A proposta parece similar ao processo de Revisão e Avaliação de Tecnologias de Áreas discutido anteriormente. Apesar deste processo não avaliar a pesquisa propriamente, ele estabelece um grupo consultivo para cada Objetivo Tecnológico de Defesa ou Objetivo de Capacidade de Combate Combinado, com a finalidade de conduzir as avaliações necessárias da pesquisa financiada. Toda pesquisa apoiada pelo DoD recebe, geralmente a cada dois anos, formulários de avaliação periódica da agência de fomento ou de um de seus grupos consultivos. Os pesquisadores devem também submeter relatórios anuais sobre o andamento dos projetos financiados. Nos dois processos, devem ser relatados os esforços e resultados em termos das métricas estabelecidas.

A questão que se coloca novamente é sobre quais as melhores métricas a serem usadas para medir a efetividade da pesquisa básica. As agências federais de fomento à pesquisa encomendaram, em 1993, planos estratégicos plurianuais e métricas para avaliar o seu progresso em direção aos objetivos. Para tais agências, como por exemplo a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA, do inglês *Defense Advanced Research Projects Agency*) ou o Escritório de Pesquisa do Exército (ARO, do inglês *Army Research Office*), essas métricas devem incluir:

- uma lista de artigos técnico-científicos submetidos ou publicados no período abrangido pelo relatório;
- o número de cientistas ou estudantes apoiados;
- um relatório sobre as invenções decorrentes da pesquisa;
- uma descrição de todo avanço teórico ou experimental;
- o montante de tecnologia transferida.

Neste contexto, o ARO define tecnologia transferida como qualquer interação ou desenvolvimento específico que constitui transferência de resultados de pesquisa, tais como:

- patentes;
- novas empresas geradas com base nos resultados da pesquisa;
- interações com a indústria ou laboratórios de P&D do Exército;
- transferência de informações que podem impactar o desenvolvimento de novos produtos.

As quatro primeiras métricas são fáceis de enumerar e analisar via painéis de avaliação. Se por um lado, métricas como estas indicam o tamanho e a "saúde" de um programa de pesquisa, por outro, elas não são relevantes para o objetivo de alcançar as necessidades tecnológicas do DoD.

Em uma outra perspectiva, o Escritório de Orçamento e Gerenciamento (OMB, do inglês *Office of Management and Budget*) das duas últimas administrações federais (dos presidentes Clinton e Bush) têm tentado melhorar o gerenciamento da pesquisa básica de responsabilidade do governo pelo reforço ou adoção das melhores práticas de gerenciamento e não pelo foco na predição do seu resultado. O Escritório propôs usar "*Qualidade, Relevância e Desempenho*" como métricas diretivas para os critérios de investimento em programas de pesquisa básica. A intenção dessas iniciativas é levar informações mais precisas relacionadas com o desempenho dos programas para dar suporte a decisões futuras sobre alocação de recursos.

De maneira a medir a *qualidade* de um programa, as agências devem examinar periodicamente seus projetos pela comparação relativa com outros programas, agências e países, em termos da excelência técnica e científica. Para mostrar *relevância* os programas de pesquisa devem identificar e priorizar os objetivos da sua pesquisa e demonstrar as ligações com as iniciativas e com os objetivos relevantes nacionais. O *desempenho* de um programa é, então, avaliado pelo estabelecimento e cumprimento de uma série de objetivos de pesquisa plurianuais altamente prioritários. Torna-se, portanto, essencial que os programas estabeleçam planos claros mas flexíveis em bases bem definidas e que sejam ligados a Objetivos Tecnológicos de Defesa específicos ou Objetivos de Capacidade de Combate Combinado.

O DoD tem procurado também estabelecer Alianças Tecnológicas Colaborativas e criar Centros de Pesquisa Afiliados a Universidades, que são parcerias entre a academia, o governo e a indústria. O objetivo é combinar a habilidade da universidade em produzir pesquisa de ponta, a experiência da indústria em transformá-la em tecnologia e o conhecimento dos cientistas do governo em dirigir os esforços de pesquisa, de forma a atender as necessidades do combatente. Cada programa dessas parcerias

usa alguma forma de gerenciamento da pesquisa com a participação de organizações do Exército, de outras agências do DoD e do governo.

Na verdade, não existe uma única fonte de financiamento para a pesquisa básica de defesa que seja capaz de fazer face às enormes necessidades tecnológicas futuras das Forças Armadas americanas. Uma combinação de esforços de pesquisa intra e extra-muros – estes com estreito acompanhamento e gerenciamento das forças – é necessária para resolver os imensos desafios tecnológicos que se apresentam para o futuro.

O DoD provavelmente continuará a financiar universidades públicas de forma a manter uma forte base de pesquisa científica, mas ele deveria reconhecer que o seu impacto em prover capacidades tecnológicas ao combatente é mínima, caso não sejam estabelecidos mecanismos efetivos para assegurar a qualidade global dos programas de pesquisa.

Os novos métodos de estabelecimento de parcerias colaborativas e de centros de excelência que incorporam elementos dos laboratórios do sistema de pesquisa em defesa, indústrias e pesquisadores de universidades são a chave para alcançar uma transição rápida e eficiente do conhecimento científico para a tecnologia aplicada. Ao se alocar esses centros nas universidades, permite-se que o campo científico determine a qualidade da pesquisa por meio de um processo de revisão por pares, liberando o DoD para focar no direcionamento do escopo da pesquisa na busca do desenvolvimento de tecnologias específicas de defesa. O DoD também deve restringir as métricas dos programas de pesquisa àquelas ligadas a bases bem definidas de suporte aos Objetivos Tecnológicos de Defesa e aos Objetivos de Capacidade de Combate Combinado. Estas diretrizes permitirão que os gerentes de programas monitorem e avaliem o progresso dos projetos de pesquisa, decidindo pela sua continuidade ou interrupção.

2.4.2 Desafios: o Papel da Universidade

Os desafios correntes para o DoD e as potencialidades da universidade são apresentados em IAFRATE (2002) e revisitados nesta seção. O foco da discussão está no modo como o DoD e a universidade podem trabalhar em parceria para vencer esses desafios.

Três fatores entrelaçados direcionam o processo seqüencial da pesquisa, desenvolvimento e obtenção de MEM nos EUA: as ameaças percebidas, o clima político e a realidade econômica. Estes fatores mudam com o tempo e impactam o orçamento do Exército americano para a área de C&T e obtenção. O impacto se dá na variação anual dos recursos conforme as necessidades de obtenção, uma vez que o orçamento para a pesquisa tem se mantido aproximadamente constante nos últimos anos. Ao

contrário, a pressão sobre a pesquisa e sobre aqueles que a conduzem muda muito entre os momentos de alta e de baixa necessidade de obtenção. Quando os EUA sentiram a ameaça do lançamento do Sputnik em 1958 ou da União Soviética na década de 1980, por exemplo, a área de C&T prosperou e a estratégia “ousar e falhar” foi tolerada. Durante esses períodos, normalmente a obtenção de MEM aumenta e os sistemas da geração seguinte são definidos. A infra-estrutura de pesquisa também é melhorada para satisfazer as demandas exigidas pelas ameaças.

Quando as ameaças são reduzidas, o orçamento para a obtenção de MEM é menor. Um período de baixo orçamento iniciou-se, por exemplo, em 1989 com a queda do Muro de Berlim. A partir de então, o financiamento para a C&T se mantém estável e está focado hoje nas necessidades de curto prazo, porque os recursos disponíveis são mais para obtenção do que para avanços e modernização. A ênfase atual não é em novos sistemas e os investimentos em infra-estrutura estão reduzidos.

Gerenciar esse tipo de mudança é um grande desafio. Na verdade, existe uma premência por uma nova estratégia de defesa. Nos últimos anos, o complexo industrial militar se voltou para a economia globalizada de mercado livre e novas ameaças emergiram, tanto externa como internamente. Apesar disso, trabalha-se ainda com a estratégia de defesa de projeção do poder dos anos de 1990, o que significa que os EUA focam no uso de recursos e poder próprios para cumprir missões militares em qualquer lugar do planeta. Assim, o DoD se depara com mudanças no seu papel e nas suas missões, os quais estão sendo revistos, e o orçamento para P&D e obtenção é ainda restrito. O fato é que a ciência e a tecnologia são pontos chave na gestão dessas mudanças.

Desafios Tecnológicos

Os principais desafios tecnológicos emergem das novas necessidades de projeção do poder americano que devem ter características de forças ultra leves mas também letais, móveis, auto-contidas e aptas a dominar a informação pelo sensoriamento e tecnologia eletrônica. Os principais desenvolvimentos necessários estão nas áreas de propulsão com economia de combustíveis, eficiência logística e capacidade de carregamento aéreo para desdobramentos rápidos em longas distâncias. Isso exige novas ferramentas especializadas de alto teor de C&T. As principais capacidades tecnológicas necessárias são:

- domínio da informação;
- defesa química e biológica;
- modelagem e simulação, pela necessidade de avaliação do domínio do teatro de operações sem gastar recursos com exercícios de treinamentos reais;

– outras tecnologias que melhorem a capacidade de combate individual do soldado, pelo seu poder multiplicador dessa capacidade.

A longo prazo, a previsão tecnológica inclui a explosão da informação, simulação e modelagem computacionais com visualização interativa, projeto de materiais baseado na manipulação em nanoescala de átomos e moléculas e uso de princípios biomoleculares para novas propriedades e funcionalidades dos materiais. Isso envolve Sistemas MicroEletroMecânicos (MEMS, do inglês *MicroElectroMechanical Systems*) bem como outras tecnologias disponíveis em escala micro.

Potenciais da Universidade

Para a maioria das universidades americanas, a primeira prioridade é formar a futura força de trabalho, em especial, no que concerne à educação em engenharia e em ciências básicas. Além disso, a universidade deve entender e articular princípios e conceitos de ciência e engenharia e explorar seu potencial para utilização. A terceira prioridade é a condução da pesquisa como parte integral do processo de educação. Algumas universidades têm incubadoras e interação com complexos industriais, mas isso não é um modelo comum.

Uma das mais altas prioridades das universidades americanas é a habilidade para conduzir a pesquisa de uma forma interdisciplinar, ou seja, através de múltiplos departamentos. Em meados dos anos 1960, e durante a década seguinte, os programas disciplinares eram a maior fonte de progresso da pesquisa. Atualmente, oportunidades para avanços significativos na pesquisa emergem de esforços interdisciplinares. Esforços conjuntos envolvem equipes de diferentes disciplinas focando objetivos de pesquisa comuns. Com o financiamento das pesquisas em universidades pelo DoD e em outras iniciativas interdisciplinares pela *National Science Foundation*, pelos Institutos Nacionais de Saúde e por outras agências, surge a tendência de se formarem grupos de professores de vários departamentos e até de diferentes instituições. Mesmo quando se tem somente de dois a quatro departamentos trabalhando em conjunto, existe uma quantidade substancial de pessoas trabalhando sinergicamente em pesquisa, pois cada pesquisador orienta de três a quatro estudantes.

São muitos os benefícios da pesquisa interdisciplinar. Universidades ou departamentos isolados podem participar de áreas de pesquisa com potenciais linhas de fomento. Eles podem igualmente participar da solução de problemas interessantes, aumentando a fronteira do conhecimento em ciência e tecnologia. A pesquisa interdisciplinar traz também um benefício coletivo. Os departamentos e faculdades participantes começam a trabalhar em conjunto e aprendem os vocabulários uns dos outros. Existe, também, um componente educacional muito forte. Os estudantes aprendem a ver e analisar os problemas por meio de várias disciplinas. Acima de tudo, buscam-se

ligações com a indústria com a finalidade de transferir tecnologias e, fundamentalmente, abrir caminhos para o emprego de futuros profissionais onde eles possam realmente melhorar a qualidade de vida da Nação, a competitividade e a postura de defesa.

Algumas tendências nas estratégias de pesquisa acadêmica foram identificadas nos EUA. Uma das estratégias para melhorar a qualidade da pesquisa é não somente desenvolver áreas para as quais se tenha um pendor natural baseado em um núcleo de competências existente, mas também desenvolver uma forte ligação entre a pesquisa e o processo educacional. Tipicamente, a universidade tem dois objetivos; um é ser competitiva na busca por fomento à pesquisa, o outro é estabelecer vínculos com a indústria para pesquisa e educação, transferindo-lhe estudantes treinados e tecnologia. Um planejamento comum é depreender esforços em demandas de mercado, encorajando os departamentos ou faculdades à pesquisa interdisciplinar e moldando interesses em áreas emergentes duais.

A Universidade de Notre Dame, por exemplo, está desenvolvendo as seguintes áreas: nanociência e tecnologia, materiais molecularmente construídos, computação de alto desempenho, comunicações sem fio, tecnologia ambiental, controle e sistemas inteligentes, entre outras. Em cada uma dessas áreas, a universidade possui um professor/pesquisador com reconhecida expertise que desempenha o papel de líder na atração de outros pesquisadores de forma transformar cada área em uma área de excelência.

O Escritório de Pesquisa do Exército tem desenvolvido vários modelos para a pesquisa cooperativa na qual a universidade, o DoD e a indústria buscam juntos os mesmos objetivos de encontrar soluções para problemas de defesa. Assim, como já visto na seção anterior, tem havido uma transformação dos laboratórios federados em alianças cooperativas ou colaborativas. O papel da universidade é educar e formar a força de trabalho, desenvolver princípios e conceitos avançados e encorajar a sua compreensão e a aplicação. A indústria provê a aplicação e as bancadas de teste, fabrica e transforma o conhecimento em tecnologia, disponibiliza e robustece a tecnologia e desenvolve mercados de uso dual. Com esse modelo, o DoD tem plenas condições de cumprir sua missão e atender as necessidades de capacitação em C&T. Esse é um dos grandes modelos entre outros que têm sido desenvolvidos nas agências para tentar fazer com que os três setores trabalhem juntos para resolver problemas relacionados com a missão do combatente.

A ciência e a tecnologia, segundo IAFRATE (2002), moldarão seguramente o futuro do DoD, pois possibilitam-no vencer todos os desafios que se apresentam nos campos da competitividade, da defesa e da segurança nacionais.

2.5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Nesta conclusão, alguns aspectos apresentados neste capítulo, de especial relevância para a análise e propostas sugeridas nos capítulos posteriores desta dissertação, são discutidos de forma resumida.

As seguintes conceituações sintetizam as idéias envolvidas nos processos e níveis pedagógicos para a educação e a produção do conhecimento apresentados na Seção 2.2:

- multidisciplinaridade: estudo de um objeto por várias disciplinas;
- interdisciplinaridade: transferência de métodos de uma disciplina para outra;
- transdisciplinaridade: compreensão de um objeto por meio da unidade do conhecimento.

Uma vez que os problemas de Defesa Nacional são objetos transdisciplinares, sem dúvida a interdisciplinaridade é a característica que mais favorece a estruturação de um curso de pós-graduação em Engenharia de Defesa pelo enriquecimento dos processos de ensino/aprendizagem e de produção e transferência do conhecimento que ela proporciona, já que nesta abordagem ocorre uma real cooperação e troca de informações entre as disciplinas. A interdisciplinaridade envolve a multidisciplinaridade, sendo que elas normalmente não podem ser dissociadas. Portanto, na formação de recursos humanos para a área de defesa deve-se levar em conta uma forte componente inter e multidisciplinar, buscando também infundir uma cultura transdisciplinar que possibilite aos egressos articular, religar, contextualizar (e situar-se no contexto) e, se possível, globalizar e reunir os conhecimentos adquiridos.

De modo a renovar a pós-graduação do IME, os seus currículos e os seus conteúdos, com o objetivo de conseguir uma maior qualidade global na formação de pesquisadores e uma maior pertinência em relação às necessidades científico-tecnológicas do Exército, alguns pontos que emanam dos conceitos apresentados devem ser levados em conta:

- currículos que focalizam a aquisição de competências com vistas aos objetivos de pesquisa estabelecidos no contexto do SCTEx;
- disciplinas menos fragmentadas por meio da inserção progressiva de conteúdos multi e interdisciplinares;
- maior margem de escolha aos alunos, em vez da conservação de programas monolíticos;
- promoção de métodos ativos de aprendizagem e produção do conhecimento.

A pesquisa científica, normalmente orientada a partir das necessidades internas à própria ciência, pode gerar invenções. A pesquisa e o desenvolvimento tecnológicos, normalmente orientados pelas demandas do bem estar social e do parque industrial, freqüentemente ocorrendo fora dos muros universitários, geram inovações. Encontram-se aqui os dois modos de produção de conhecimento descritos por NOWOTNY et al (2003) e discutidos na Seção 2.3, que tendem a se misturar cada vez mais com o aumento da permeabilidade dos muros universitários frente às necessidades de financiamento e à pressão social pelo aumento do bem estar. Esta pressão, no caso do IME, vem do próprio Exército pela necessidade premente de desenvolvimento autóctone de MEM tecnologicamente sofisticados. Assim, a porosidade dos muros universitários se transforma em conectividade, com fácil transferência de tecnologias (nos dois sentidos), com avidez de novos produtos (oferta e demanda de inovações) e forte mobilidade de pessoal altamente qualificado.

Hoje em dia, indubitavelmente, boa parte do conhecimento – principalmente o que se reverte diretamente em inovações – é produzido fora dos muros universitários, junto às empresas e por necessidade de seu desenvolvimento ou, no caso de MEM, por contratação dos institutos militares de P&D. Não que isso não ocorresse anteriormente, mas não era reconhecido como tal. A elaboração de novas técnicas ou novos processos e serviços, se não viesse atrelada à invenção científica, era (e ainda é, no cerne das universidades de pesquisa) considerada como mero empirismo destituído de mérito acadêmico e não como conhecimento. O desenvolvimento de inovações dentro dos muros acadêmicos foi admitido, inicialmente, pela necessidade de financiamento de pesquisas e de condições de trabalho, dada a escassez de recursos (e assim apareceram, considerados inicialmente como atividades marginais, no duplo sentido da palavra, as primeiras pesquisas universitárias relacionadas e financiadas por empresas, e colocadas no Modo 1 de produção de conhecimento) – só sendo aceitos como atividades acadêmicas em si (mas ainda sem grande prestígio) muito recentemente.

O Modo 2, que se baseia na produção distribuída do conhecimento, orientada para aplicações, transdisciplinar e sujeita a múltiplas auditorias, apresenta três tendências que não podem ser ignoradas no processo de gestão da pesquisa básica de interesse do Exército e da Defesa: a pesquisa dirigida para aplicações de interesse, segundo a sua relevância; o desenvolvimento conjunto entre os componentes acadêmicos, institutos de P&D e a indústria, considerando as questões da transferência de tecnologia, dos direitos de propriedade intelectual e da gestão do conhecimento; e o gerenciamento e auditagem da pesquisa.

A Seção 2.4 apresenta o modelo de P&D em defesa adotado nos EUA. A configuração desse modelo, assim como o modelo do SCTEx, se deu segundo o paradigma do pós-guerra ou o Modo 1 de produção do conhecimento, em que as universidades

ficaram encarregadas dos trabalhos de pesquisa fundamental e os laboratórios e institutos de P&D e os arsenais fariam o desenvolvimento tecnológico militar em cooperação com a indústria. Contudo, notam-se algumas tendências de modificações nesse modelo no sentido do Modo 2 de produção do conhecimento, em que predomina uma forma mais cooperativa de pesquisa na qual a universidade, o DoD e a indústria buscam juntos (e de forma interdisciplinar) os mesmos objetivos de encontrar soluções para problemas de defesa, evitando a separação entre a pesquisa básica e aplicada e alcançando uma transição rápida e eficiente do conhecimento científico para a tecnologia aplicada. O primeiro ponto chave, neste contexto, é que o caráter da pesquisa básica de defesa se diferencia de outras pesquisas similares mais pelos pesquisadores e suas motivações do que pela pesquisa realmente conduzida. O segundo, é que a universidade baseia a sua participação nesse processo no estabelecimento de centros de excelência capazes de atrair e fixar talentos na área de pesquisa voltada para a defesa.

3 A PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* NO IME

O papel preponderante da C&T na Era do Conhecimento amplifica a sua importância estratégica e torna urgente a intensificação das atividades científico-tecnológicas, notadamente no setor da Defesa (FERREIRA, 2003). O Brasil possui um sofisticado Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), que conta com um forte núcleo no ensino de pós-graduação *stricto sensu*. Neste contexto, a CAPES, entre outros órgãos do MEC e do MCT, tem procurado implementar medidas para a formação de recursos humanos em áreas direcionadas ao desenvolvimento industrial destacadas na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (microeletrônica, software, fármacos, bens de capital, bio e nanotecnologia) (BRASIL, 2004). Portanto, o País tem por objetivo estratégico a inserção comprometida da C&T no setor produtivo para atingir a inovação e conseqüente agregação de valor aos produtos da economia nacional, elementos essenciais para o desenvolvimento socioeconômico. Exemplos de sucessos nessa estratégia são encontrados em algumas estatais ou ex-estatais (FERREIRA, 2003), como a Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A., Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Telebrás – Telecomunicações Brasileiras S. A., Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. e Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

As Forças Armadas tiveram grande importância na construção do aparato nacional de C&T, aí incluída a pioneira pós-graduação do IME, e são reconhecidas pelos resultados alcançados em efetivas parcerias com a indústria (ver Seção 4.1). No entanto, a C&T militar, mercê de dificuldades de ordem variada, em grande parte perdeu o passo da C&T nacional, sendo exemplo disso, também, a pós-graduação do IME (FERREIRA, 2003). Assim, no âmbito do MD estabeleceu-se o objetivo de estruturação do SisCTID, integrado ao SNCT, e partícipe do esforço de desenvolvimento nacional (BRASIL, 2003a).

Este capítulo apresenta uma breve análise da pós-graduação *stricto sensu* do IME baseada em estudos anteriores (FERREIRA, 2003; BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005; ACOCELLA, 2008; BRASIL, 2008d). A situação atual da pós-graduação do IME, aliada a outros fatores enunciados com mais detalhes na Seção 4.1 e relacionados às conjunturas nacional e internacional e a oportunidades e ameaças que se apresentam no ambiente externo, conduziram à concepção e estruturação do PGED (descritas no Capítulo 4) como uma das formas de consecução dos objetivos estra-

tégicos do SCTEx e do IME e, por conseguinte, de cumprimento da sua missão institucional e concretização da sua visão de futuro, particularmente no que se refere à formação de recursos humanos em nível de pós-graduação. A visão do IME, preconizada no seu Planejamento Estratégico (BRASIL, 2008d) é

> "[...] constituir-se em um centro de excelência no ensino e na pesquisa científica e tecnológica na área de engenharia, voltado para os interesses do Exército e do País".

É evidente que a consecução desta visão depende muito do fortalecimento da pós-graduação, pelo seu duplo caráter de ensino e de pesquisa. O PGED, sendo o único programa de pós-graduação do IME a formar doutores em engenharia[1], vem direcionar o ensino e a pesquisa de forma mais efetiva, sistêmica e integrada aos interesses do Exército e constitui-se em uma ação concreta do planejamento estratégico do IME, na busca da excelência nessas áreas.

A análise sucinta a seguir apresentada leva em conta as conjunturas externa e interna ao IME, ou seja, focaliza tanto o posicionamento da sua pós-graduação no contexto do SNCT, do SisCTID e do SCTEx, como no âmbito do próprio IME. São apresentadas as principais oportunidades e ameaças provenientes do âmbito externo, assim como apontados, sob a ótica interna, os pontos fortes e as oportunidades de melhoria. Com base nessa análise, são discutidas algumas alternativas e propostas para a melhoria da pós-graduação do IME, com vistas à sua valorização e ao seu maior reconhecimento junto ao SCTEx, SisCTID e SNCT. Contudo, antes de apresentar tal análise e com o intuito de facilitar a sua compreensão, faz-se necessário contextualizar o IME no SCTEx, assim como evidenciar o papel da CAPES no SNCT.

3.1 PAPEL DO IME NO SCTEx

O SCTEx destina-se a planejar, orientar, coordenar, controlar e executar, no âmbito do Comando do Exército, as atividades científicas e tecnológicas, relacionadas com o MEM e suas influências nas áreas da Doutrina Militar Terrestre, da Logística e do Pessoal (BRASIL, 1994a). O EME, como seu Órgão de Direção Geral, é o responsável pela supervisão do SCTEx, bem como pelo estabelecimento das Diretrizes Estratégicas e da Política de C&T do Exército e pela coordenação e controle de sua execução. Além do DCT e de suas organizações subordinadas (Órgãos de Apoio e Execução), fazem parte do SCTEx como Órgãos:

- de Execução, as Organizações Militares (OM), as indústrias, as Universidades e outros centros e organizações industriais, de pesquisa ou de desenvolvimento,

[1] Os outros dois cursos de doutorado do IME são das áreas de ciências: Ciência dos Materiais e Química, conforme a Tabela 3.2.

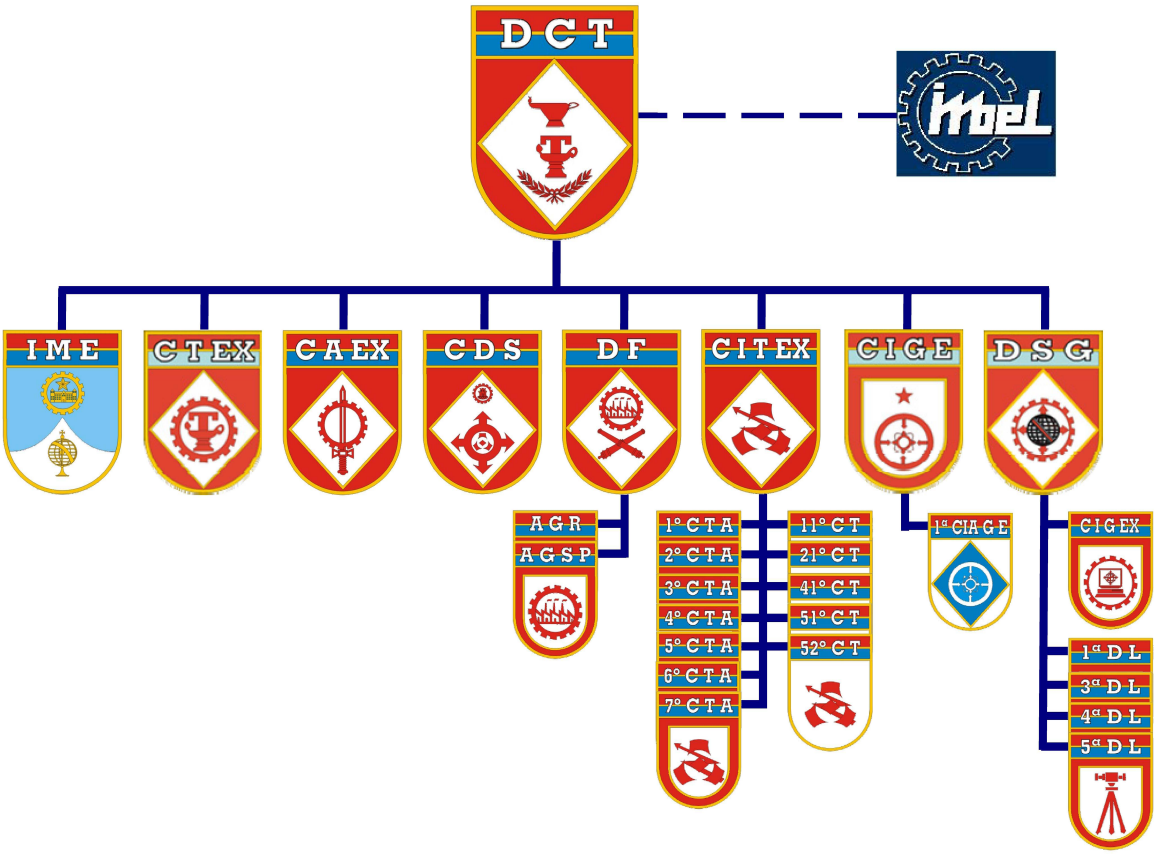


Figura 3.1: Organograma simplificado do DCT

Fonte: BRASIL (2007a)

designados, contratados ou associados ao sistema, na execução de projetos e outras atividades de C&T do Exército;

– de Colaboração: os demais Órgãos do Sistema de Direção Setorial do Exército, com destaque para o Departamento de Engenharia e Construção (DEC) e para o Departamento Logístico (DLog).

O DCT é o órgão responsável pela direção setorial do SCTEx e pela execução da Política de C&T do Exército. Ao DCT estão subordinados (Figura 3.1), além do IME, o Centro Tecnológico do Exército (CTEx), o Centro de Avaliações do Exército (CAEx), o Centro de Desenvolvimento de Sistemas (CDS), a Diretoria de Fabricação (DF), o Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx), o Centro Integrado de Guerra Eletrônica (CIGE) e a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). O IME, o CTEx, o CAEx e a DF estão sediados na cidade do Rio de Janeiro, enquanto que o CDS, o CITEx, o CIGE e a DSG encontram-se em Brasília. Ao DCT está ainda vinculada a Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) com suas cinco fábricas. A Figura 3.2 mostra o alcance do DCT, em nível nacional, por intermédio das suas organizações subordinadas.

Figura 3.2: Presença do DCT nas diversas Regiões do Brasil

Fonte: BRASIL (2007a)

O CTEx é o órgão do DCT destinado a supervisionar e executar a pesquisa tecnológica e o desenvolvimento experimental de MEM. A missão do CAEx é planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as avaliações operacionais e técnicas e a normatização de MEM, concluindo também sobre a influência do desempenho do material avaliado nos campos da doutrina, do pessoal e da logística. O CAEx é também responsável pela avaliação dos demais produtos controlados pelo Exército. O CDS tem por finalidade realizar a prospecção e o desenvolvimento de sistemas pertinentes às áreas de comunicações estratégica e tática, informática e de informações organizacionais de interesse do Exército. A DF é o órgão de apoio do DCT incumbido dos estudos, projetos, programas e demais atividades relativas à fabricação e recuperação de material bélico. Os órgãos de execução da DF são os Arsenais de Guerra do Rio de Janeiro (AGR) e de São Paulo (AGSP). O CITEx apóia o Comando do Exército, o EME, os Órgãos de Direção Setorial, os Comandos Militares de Área e as Regiões Militares, por meio das Redes Rádio Fixas, de Comunicação de Dados do Exército e da Rede Integrada de Telefonia do Exército. Ao CITEx estão subordinados os Centros de Telemática (CT) e os Centros de Telemática de Área (CTA). O CIGE forma recursos humanos especializados na operação, manutenção e condução da logística de sistemas de guerra eletrônica. Ao CIGE está subordinada a 1ª Companhia de Guerra Eletrônica (Cia GE). À DSG cabe superintender, no âmbito do Exército, as atividades

relativas às imagens e informações geográficas, principalmente visando à produção cartográfica nas suas mais diversas formas, ao estabelecimento de normas e instruções, ao suprimento e à manutenção do material de sua gestão, e as decorrentes de convênios com órgãos da administração pública. Os seus órgãos de execução são o Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército (CIGEx) e as Divisões de Levantamento (DL).

Cabe ressaltar que o EME aprovou recentemente a Diretriz para Implantação do Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército (CComGEEx)[2]. O CComGEEx será criado para aumentar a capacidade operacional do Exército, dotando-o de um Grande Comando com elementos de comunicações e guerra eletrônica, que atuará em proveito da Instituição como um todo, por meio do aproveitamento de meios em pessoal e material provenientes da futura extinção da Diretoria de Material de Comunicações, Eletrônica e Informática, atualmente subordinada ao DLog, e do CIGE. Este passará, então, a ser designado de Centro de Instrução de Guerra Eletrônica. Além do CIGE e da 1ª Cia GE, estarão subordinados ao CComGEEx, uma Companhia de Comando e Controle e uma Base Administrativa.

O IME é estabelecimento de ensino do DCT responsável, no âmbito do Exército Brasileiro, pelo ensino superior de engenharia, voltado para o emprego militar, e pela pesquisa científica fundamental (ou básica), tendo como finalidade precípua formar recursos humanos para atender às necessidades do Exército. O IME é responsável por formar e especializar engenheiros para todos os órgãos do SCTEx, especialmente os pertencentes ao DCT, DEC e DLog. Particularmente, o DEC tem sido responsável pela construção e manutenção de grande parte das estradas das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do País, por meio dos seus Batalhões de Engenharia, bem como da construção de bases militares nas fronteiras amazônicas, por meio das suas Comissões Regionais de Obras. Esses órgãos do DEC estão espalhados por todas as Regiões do Brasil e contribuem para o desenvolvimento nacional pela melhoria da infra-estrutura do Estado brasileiro, principalmente pela integração das faixas de fronteira e das comunidades isoladas do interior do País.

A atual versão do PBCT (BRASIL, 2007a), que é plano de ação do SCTEx, estabelece que o sistema deve produzir inovações tecnológicas para o combatente – no sentido do domínio de tecnologias sensíveis[3] – e atingir, por meio de sua estrutura funcional (mostrada parcialmente na Figura 3.1) e de uma estrutura matricial proporcionada pelos Grupos Finalísticos[4], uma capacidade científico-tecnológica que permita à Força Terrestre contribuir para o poder dissuasório do País (BRASIL, 2007a; Brasil, 2007c). Uma das suas componentes é o macroprocesso de obtenção de recursos hu-

[2]Portaria nº 040-EME, de 29 de abril de 2008.
[3]Conforme definições apresentadas na Seção 2.1.2.
[4]Os Grupos Finalísticos do PBCT são apresentados nas Seções 4.4 e 4.6 e na Tabela 4.4.

manos, voltado para a formação e capacitação de pessoal para as atividades de C&T, incluindo a formação em nível de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado). Portanto, o PGED, assim como os demais programas e cursos de pós-graduação do IME, está inserido nesse macroprocesso e vem, ao mesmo tempo, estimular e contribuir diretamente para o funcionamento e aperfeiçoamento da estrutura matricial do sistema na busca pela produção do conhecimento no Modo 2.

3.2 PAPEL DA CAPES NO SNCT

Nesta seção, descreve-se a CAPES, órgão subordinado ao MEC, cujo papel foi levado em conta na proposta de reestruturação dos programas de pós-graduação do IME.

A CAPES vem desempenhando papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). Como uma das principais conseqüências das ações da CAPES, o nível atingido pelos programas de pós-graduação brasileiros, no que se refere à qualidade e quantidade de sua produção científica, é considerado e reconhecido no Brasil e no exterior como uma das maiores conquistas da educação e da C&T nacionais.

As atividades da CAPES podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de ação, cada qual desenvolvida por um conjunto estruturado de programas, a saber (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005):

- avaliação da pós-graduação *stricto sensu*;
- acesso e divulgação da produção científica;
- investimentos na formação de recursos de alto nível no País e no exterior;
- promoção da cooperação internacional.

O sistema de avaliação da CAPES para os programas de pós-graduação tem sido continuamente aperfeiçoado, constituindo-se em instrumento para a ação direta da comunidade universitária na busca de um padrão de excelência acadêmica sempre maior dos mestrados e doutorados nacionais (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). Os resultados da avaliação servem de base para a formulação de políticas nacionais para a área de pós-graduação, bem como para o dimensionamento das ações de fomento (auxílios à pesquisa, fortalecimento da infra-estrutura para pesquisa, entre outros) estabelecendo, ainda, critérios para o reconhecimento, pelo MEC, dos cursos de mestrado e doutorado novos, em projeto ou em funcionamento no Brasil. Atualmente, a avaliação da CAPES conceitua os cursos de pós-graduação nacionais em

uma escala de 1 a 7, sendo 3 (conceito regular) o conceito mínimo para o funcionamento e 6 e 7 correspondendo a cursos de excelência e nível internacional e, conseqüente, com aporte de maiores verbas para pesquisa.

São muitos os êxitos já alcançados pelo Sistema Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa. Para isso, o papel da CAPES tem sido decisivo, tanto no que diz respeito à consolidação do quadro atual, como na construção das mudanças que o avanço do conhecimento e as demandas da sociedade, do País e de suas instituições, como o Exército, exigem (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). No caso da reestruturação dos cursos de pós-graduação do IME, destacam-se alguns aspectos relevantes para que o Exército continue a seguir os parâmetros de credenciamento e avaliação da CAPES. Estes parâmetros determinam o valor legal no sistema do MEC dos títulos de especialização, mestrado e doutorado. Em especial, destacam-se:

- credenciamento ou autorização para funcionamento dos cursos de pós-graduação do IME no Sistema Nacional de Ensino;
- habilitação com titulação reconhecida dos futuros docentes da Instituição e do SCTEx para concorrer aos editais públicos que dedicam verbas para a pesquisa na áreas científico-tecnológicas de defesa;
- reconhecimento internacional para possíveis colaborações, estágios e intercâmbios de docentes e discentes, segundo o interesse da Força, e também com financiamento externo ao Exército, por meio de órgãos de fomento nacionais e internacionais;
- no contexto de interesse do MD em promover o renascimento da indústria de defesa brasileira, o reconhecimento dos cursos de pós-graduação do IME por parte de empresas privadas como sinônimo de habilitação indispensável para atuar nas áreas de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Os programas ditos “de excelência” segundo os critérios da CAPES possuem algumas características comuns: mestrado e doutorado; grande número de docentes no quadro do programa, em geral em número maior do que vinte, selecionados dentre os professores/pesquisadores mais produtivos da instituição, sendo que uma fração considerável destes docentes é de bolsistas de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e inserção internacional (BRASIL, 2008; BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). A bolsa de produtividade do CNPq contempla pesquisadores produtivos e é renovável trienalmente. Ela possui os seguintes níveis em ordem crescente de relevância: 2, 1D, 1C, 1B e 1A. O Brasil possui cerca de 8 mil e 900 bolsistas em todas as áreas de pesquisa. O IME possui treze deles num universo de mais de 100 professores civis e militares. Considerando que o IME tem oito programas de pós-graduação, há cerca de um bolsista por programa

de pós-graduação. Esta bolsa traz prestígio junto à comunidade nacional da área e, conseqüentemente, para o programa de pós-graduação. Os bolsistas têm como obrigações formar recursos humanos, julgar pedidos de apoio a projetos e outros auxílios e manter produção científica contínua e de qualidade. Os bolsistas de nível 1 recebem bolsa adicional mensal para financiar pesquisa.

Nas áreas de engenharia e de ciências exatas, o conselho Técnico e Científico da CAPES deliberou, em maio de 2005, os seguintes percentuais de "docentes permanentes em tempo integral na instituição" nos programas de pós-graduação: 75% nas engenharias e 70% nas ciências exatas (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). Aceita-se que até 5% dos docentes permanentes do programa sejam vinculados a outra instituição. Aceita-se também que até 20% (30% para ciências exatas) dos docentes permanentes estejam em condições especiais, i.e., que: (a) sejam bolsistas de fixação de recém-doutores das agências federais ou estaduais; (b) sejam aposentados mediante acordo com programa; (c) sejam cedidos, por convênio formal, para docência no programa. É admitida a participação do docente em até dois programas de pós-graduação na mesma instituição ou em instituições diferentes. Esta última afirmação é fundamental na proposta de reestruturação dos programas de pós-graduação do IME e no funcionamento inicial do PGED, dada a perspectiva de compartilhamento de docentes (e infra-estrutura) entre os programas disciplinares e o PGED.

A CAPES, assim como outras agências de fomento e outros órgãos reguladores das atividades de educação e C&T, sejam nas instâncias federal (CNPq, Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – etc.) ou estaduais (Fundações Estaduais de Apoio à Pesquisa), desempenharam, indubitavelmente, um papel essencial no sentido de inserir o Brasil no conjunto de países que mais produzem conhecimento científico em várias áreas, em especial, das engenharias. No entanto, vários pesquisadores reconhecem, atualmente, que o modelo adotado por esses órgãos, talvez com exceção do modelo da FINEP e de algumas Fundações de Amparo à Pesquisa, se baseia primordialmente em um conjunto de métricas que privilegia o Modo 1 de produção do conhecimento e pouca importância tem dado à sua transferência para o meio industrial e à inovação tecnológica. O modelo também reluta em reconhecer e incentivar o Modo 2 de produção do conhecimento e a interdisciplinaridade (ROCHA, 2004; SILVEIRA, 2005), apesar de ter sido criado um Comitê Interdisciplinar na CAPES.

3.3 ANÁLISE DA CONJUNTURA EXTERNA

O IME é uma das instituições pioneiras na implantação de cursos e programas de pós-graduação no Brasil[5], estando sempre integrado ao SNCT. Os seus progra-

[5]Alguns dados sobre a implantação da pós-graduação no IME são apresentados na Seção 4.1.2 e em BORGES, VENTORINI e RONZANI (2005).

mas e cursos disciplinares (ver Tabelas 3.1 e 3.2) têm identidade própria, possuem orientações bem definidas, e estão inseridos na comunidade científica nacional, inclusive quanto aos mecanismos de avaliação que os agrupam com outros similares para comparação de desempenho (FERREIRA, 2003).

De forma a acompanhar a evolução dos programas de pós-graduação nacionais e no intuito de elevá-los a níveis de excelência comparáveis com o dos melhores programas estrangeiros, os critérios de avaliação dos diversos Comitês de Áreas da CAPES têm sido revistos freqüentemente. Assim, as exigências aumentam constantemente, em especial no que se refere ao número de docentes doutores, à homogeneidade na distribuição da produção científica entre os docentes e à sua quantidade e qualidade, sobretudo em relação à produção vinculada aos trabalhos acadêmicos discentes.

Apesar dos esforços envidados nos últimos anos por diversos cursos do IME no sentido de elevar o conceito junto à CAPES, as últimas avaliações obtidas não refletiram a significativa, porém insuficiente, recuperação da quantidade de professores titulados e da qualidade da produção científica, a ponto de existir um curso com conceito abaixo do mínimo exigido (abaixo do conceito 3) e outros correndo risco de descredenciamento (com conceito 3), ou em situação aquém da desejável, conforme dados apresentados na Tabela 3.2. Com efeito, a melhora, em termos gerais, do desempenho absoluto observada desde o final da década de 1990, em relação aos dez anos precedentes, não foi suficiente para acompanhar o crescente rigor das avaliações refletido diretamente no aumento dos índices a serem perseguidos. Ou seja, o fato de o conceito de um programa de pós-graduação ser atribuído segundo o seu desempenho relativo, observado o panorama nacional em cada área do conhecimento e os critérios, cada vez mais exigentes, definidos pelos seus comitês, fez com que as medidas tomadas para o fortalecimento da pós-graduação do IME evitassem somente o descredenciamento de mais alguns programas e cursos mas não a melhoria dos seus conceitos.

Não se coloca em questão a qualidade da formação na pós-graduação do IME, que é reconhecidamente de nível elevado, uma vez que as teses e dissertações defendidas são comparáveis às dos melhores programas do País e que os egressos, sejam mestres ou doutores, têm, historicamente, grande aceitação no mercado de trabalho e, sobretudo, na comunidade acadêmica nacional e estrangeira. O mesmo ocorre no caso dos egressos do curso não cadastrado na CAPES devido ao baixo conceito que lhe foi atribuído segundo os critérios vigentes. O SNCT reconhece, portanto, a competência da pós-graduação do IME, tendo dado seguidas provas de confiança, sempre estando aberto a apoiá-la. No entanto, um desempenho comparativamente mais fraco, principalmente em termos de produtividade científica, vem erodindo esta posição (FERREIRA, 2003). Certamente, se os critérios da CAPES incluíssem também uma avaliação mais direta dos egressos, o desequilíbrio seria menor. Assim

Tabela 3.1: Programas e cursos de pós-graduação disciplinares do IME

Programa ou Curso	Áreas de Concentração	Linhas de Pesquisa
Ciência dos Materiais	Propriedades Físicas dos Materiais	1. Materiais eletrônicos
	Comportamento Mecânico dos Materiais	2. Materiais Cerâmicos 3. Materiais Metálicos 4. Materiais Conjugados e Poliméricos
Química	Química Orgânica	5. Síntese Orgânica 6. Espectrometria
	Físico-Química	7. Catálise 8. Modelagem Molecular 9. Combustão e Materiais Energéticos
Engenharia Elétrica	Sist. Eletrônicos de Defesa e Comunicações	10. Eletromagnetismo Aplicado 11. Automação e Controle 12. Processamento de Sinais
Engenharia Mecânica	Mecânica dos Sólidos	13. Projetos Mecânicos
	Termociências	14. Termofluidodinâmica
Engenharia de Transporte	Planejamento e Operação de Transportes	15. Planejamento de Transportes 16. Operação de Transportes 17. Infra-estrutura para Transportes
Sistemas e Computação	Computação Básica, Algoritmos e Linguagens	18. Algoritmos e Linguagens
	Tecnologias e Sistemas de Computação	19. Tratamento e Transmissão da Informação
Engenharia Nuclear	Instalações Nucleares	20. Reatores Nucleares 21. Controle Ambiental
Engenharia Cartográfica	Tecnologia da Informação Geográfica	22. Imageamento Digital 23. Modelagem e Representação Terrestres

Fonte: BORGES, VENTORINI e RONZANI (2005)

Tabela 3.2: Número de professores doutores e avaliações junto à CAPES

Programa ou Curso	Nível	Número de Docentes (Doutores)			Conceito CAPES		
					Triênio		
		Permanentes	Visitantes	Colaboradores	1998-2000	2001-2003	2004-2007
Ciência dos Materiais	D	10	0	0	4	5	5
Química	D	7	0	2	3	4	4
Engenharia Elétrica	M	13	1	3	3	4	3
Engenharia Mecânica	M	10	0	0	3	3	3
Engenharia de Transporte	M	6	0	1	3	3	3
Sistemas e Computação	M	12	0	3	3	3	3
Engenharia Nuclear	M	5	0	4	3	3	3
Engenharia Cartográfica	M	4	0	1	–	–	–
TOTAL	–	67	1	14	–	–	–

M – Mestrado; D – Doutorado.

Fontes: BORGES, VENTORINI e RONZANI (2005) e PELLANDA et al. (2007)

ocorre com o ensino de graduação do IME, cuja excelência é reconhecida pelo MEC e pela sociedade em geral, boa parte em virtude dos altos índices de desempenho alcançados pelos seus alunos no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE).

No contexto do SisCTID e, especificamente, da sua pós-graduação, as outras Forças Armadas apresentam situações diferenciadas. A Força Aérea conta com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em posição mais consolidada no SNCT e com forte ligação com a indústria (FERREIRA, 2003). A estabilidade do seu corpo docente, baseado preponderantemente em professores doutores civis, muito menos sujeitos, em relação aos militares, a movimentações e transferências, se apresenta como a provável e principal razão pela qual a pós-graduação do ITA têm obtido, pelos critérios da CAPES, conceitos superiores aos do IME. O ITA têm buscado também aproximar-se das necessidades operacionais da Força Aérea, tendo criado o Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais (PPGAO)(OLIVEIRA et al., 2002; VASCONCELOS, 2008) e dois cursos de mestrado profissionalizante nas áreas de engenharia aeronáutica (em parceria com a Embraer) (DE ANDRADE, RIZZI, e DE ALMEIDA, 2005) e engenharia aeroespacial (em parceria com o Instituto de Aeronáutica e Espaço). A firme ligação com a indústria foi mais uma vez evidenciada pela criação do pioneiro mestrado profissional em engenharia aeronáutica em parceria com a Embraer, que se vale do curso para o aperfeiçoamento dos seus quadros de engenheiros (OLIVEIRA et al., 2002). A Força Aérea, assim como o Exército, tem incentivado também o aperfeiçoamento em nível *stricto sensu* dos seus engenheiros em outras IES

nacionais e estrangeiras.

A Marinha, por outro lado, possui um sistema radicalmente diferente, pois não conta com instituição de ensino própria para a formação em nível de graduação e de pós-graduação dos seus engenheiros (FERREIRA, 2003). Utiliza-se, portanto, de IES civis e militares das outras Forças, o que a coloca em total integração com o SNCT e o SisCTID, no que se refere à formação de recursos humanos. Mantém ainda um contínuo e significativo programa de pós-graduação em nível de mestrado acadêmico, inclusive no exterior. Tais programas de pós-graduação atingem, mesmo que em menor número, a oficialidade em geral e não apenas os engenheiros. Das três Forças, no entanto, a Marinha é a que possui o menor número de doutores militares em seus quadros.

Cabe ainda ressaltar que eram muito reduzidos os recursos orçamentários destinados à C&T no Exército, se comparados às respectivas dotações da Marinha e da Aeronáutica nessa área (FERREIRA, 2003). Não obstante a tendência de maior equilíbrio entre as Forças, devido principalmente à implementação do PBCT no Exército, este foi outro fator que prejudicou as pesquisas dedicadas ao sistema no IME, pois a escassez prolongada de recursos financeiros levou vários dos seus laboratórios à obsolescência.

Ademais, outros óbices importantes à consolidação da pós-graduação do IME no cenário nacional, de ordem externa, podem ser enunciados:

– Em BORGES, VENTORINI e RONZANI (2005) são apresentadas as principais características dos programas e cursos disciplinares de pós-graduação do IME (algumas delas estão reproduzidas nas Tabelas 3.1 e 3.2[6]) e de alguns dos seus equivalentes principais nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. A existência de programas mais fortes (com conceitos junto à CAPES entre 5 e 7) nas áreas disciplinares clássicas da engenharia no seu entorno geográfico (eixo Rio de Janeiro – São Paulo) é fator de desvantagem considerável na disputa por alunos civis de nível elevado.

– Existem dificuldades em atrair também um número maior de alunos civis e militares graduados pelo próprio IME, não somente pelo motivo acima exposto, mas também em virtude da inexistência de cursos em nível de doutorado nas suas áreas clássicas de engenharia. Os programas de pós-graduação com apenas curso de mestrado são considerados, no meio acadêmico, de “segunda linha”, pois a produção científica de mestrado é geralmente inferior em quantidade e qualidade. Isto não significa que cursos com doutorado sejam considerados de “primeira linha”, mas certamente estão em patamar superior (BORGES, VEN-

[6]Os dados da Tabela 3.2 referem-se ao ano de 2007 e variam com certa freqüência, devido à rotatividade do corpo docente militar.

TORINI e RONZANI, 2005). Além disso, a falta de perspectiva de avanço em estudos de nível doutorado no próprio programa faz com que os melhores egressos dos mestrados em engenharia do IME, tanto civis como militares, busquem matrícula em doutorado nos programas concorrentes (os militares, com anuência institucional ou de seus chefes), o que contribui ainda mais para o desequilíbrio negativo nas avaliações CAPES.

– Como o Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2005-2010 (BRASIL, 2004) prioriza a abertura de novos programas de pós-graduação nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, como forma de promover o desenvolvimento regional (BRASIL, 2004), as iniciativas do IME para abertura de novos cursos de doutorado em áreas clássicas da engenharia consolidadas nas Regiões Sul e Sudeste têm encontrado fortes resistências na CAPES e no meio acadêmico local, no que concerne ao seu reconhecimento no Sistema de Educação do MEC.

– As demandas e interesses do Exército em relação à pós-graduação são de características mais tecnológicas e não convergem exatamente com os parâmetros de avaliação da CAPES, de cunho mais científico.

– Embora em pequeno número, existem docentes que não têm produtividade visível, segundo os parâmetros da CAPES, mas alinham-se com as expectativas do Exército, mais voltadas para inovações tecnológicas.

– A inserção nos fóruns e processos decisórios em assuntos de pesquisa e pós-graduação é insuficiente, tanto no plano intra-Força como no extra-Força (BRASIL, 2008d). No âmbito do Exército, em particular, existe certa incompreensão da relevância e das peculiaridades da área científico-tecnológica, mesmo entre alguns oficiais pertencentes ao Quadro de Engenheiros Militares (QEM) que não atuam no SCTEx. Manifestam-se, por vezes, percepções de aparente falta de compromisso do IME com a missão e com os objetivos institucionais (BRASIL, 2008d).

– Há muitos anos o SCTEx tem priorizado ações de desenvolvimento tecnológico em detrimento de ações na área de pesquisa básica, mesmo após a implantação do PBCT em 2003. Apesar da vocação e disponibilidade para trabalhar primordialmente em pesquisas básicas de interesse do Exército, a inexistência de uma contrapartida concreta em recursos tem levado os pesquisadores do IME a valer-se do SNCT, com a anuência institucional, por uma justificada questão de sobrevivência dos programas (FERREIRA, 2003).

À parte das dificuldades e ameaças apresentadas, a conjuntura atual aponta para um aumento das oportunidades de fomento às atividades de C&T voltadas para os

interesses militares e da defesa, com reflexos diretos para a formação de recursos humanos em nível de pós-graduação. A atual postura político-estratégica nacional de defesa, juntamente com a percepção de que os problemas nesta área são atinentes a toda sociedade brasileira e não somente aos militares e ao MD e com os esforços deste para incluir definitivamente a Defesa na Agenda Nacional, são sinais da perspectiva de aumento da importância da área de C&T nesse contexto. A seguir, são relacionados alguns exemplos concretos de ações recentes que emanam de diversos órgãos, governamentais ou não, alguns deles descritos com mais detalhes na Seção 4.1, e que atestam as tendências de fortalecimento da pesquisa na área interdisciplinar de defesa:

- criação do MD no final da década de 1990 e, como conseqüência, criação da Comissão de Assessoramento de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional (COMASSE) e da Comissão Militar da Indústria de Defesa (CMID)[7] e definição da Base Industrial de Defesa (BID) (BRASIL, 2005c);

- estruturação, em 2007/2008, de um Plano Nacional de Defesa sob a coordenação da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, com a inclusão de ações para o aparelhamento das Forças Armadas e a reconstrução da indústria nacional de defesa;

- reestruturação do SCTEx, com a implementação do PBCT (BRASIL, 2007a);

- lançamento da PDN (BRASIL, 2005b);

- sanção da Lei de Inovação Tecnológica[8];

- criação da Incubadora de Empresas de Base Tecnológica do Exército (IETEx) (BRASIL, 2007a) pelo DCT;

- criação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa na FINEP;

- criação do Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional (Pró-Defesa) (BRASIL, 2006c), por iniciativa conjunta do MD e do MEC/CAPES;

- criação do Comitê Temático de Defesa do CNPq;

- publicação, pelo MD e MCT, da Concepção Estratégica do SisCTID (BRASIL, 2003a);

[7]Portaria nº 611 do MD, de 12 de maio de 2005.
[8]Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004.

- criação, na Câmara dos Deputados, da Frente Plurissetorial de Defesa das Forças Armadas;
- criação, na Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), do Departamento da Indústria de Defesa e de Segurança e do Comitê da Cadeia Produtiva da Indústria de Defesa (COMDEFESA);
- incentivo, pelo PNPG, à criação de cursos de pós-graduação em áreas inovadoras e estratégicas para o País e que contemplem a inter e multidisciplinaridade (BRASIL, 2004).

Essas iniciativas indicam uma retomada, já sentida nos meios acadêmico e industrial, do fomento às pesquisas em defesa e à BID, tendo como efeito um aumento da demanda por qualificação de alto nível nesta área. Também, outras oportunidades de parcerias e cooperação para o desenvolvimento de tecnologias duais se apresentam com alguns governos municipais e estaduais, na área de segurança pública, e com empresas, como a Petrobras e a Embraer, que necessitam de produtos com elevado conteúdo de tecnologias sensíveis sujeitas a barreiras técnicas, comerciais ou diplomáticas e a regimes de controle impostos pelos países desenvolvidos.

Existe ainda a necessidade indicada pela PDN de desenvolver uma capacidade científico-tecnológica que permita à Força Terrestre contribuir para o poder dissuasório do País (BRASIL, 2005b). Neste ponto, o Exército, através de suas diretrizes para a área de C&T (BRASIL, 2007c), demonstra interesse em duas grandes áreas: **sistemas de defesa e cooperação com o desenvolvimento nacional**. Em relação aos sistemas de defesa, as Diretrizes para a Reestruturação do Sistema de Ensino Científico-Tecnológico do DCT (BRASIL, 2005a) são claras ao estabelecer como prioridade os sistemas de armas, incluindo propelentes e explosivos, materiais, processamento de sinais, sensoriamento e controle, guiamento e simulação. Outros temas de importância para a Defesa, são igualmente incentivados pelo MCT, tais como, eletrônica e química finas, nanotecnologia e biotecnologia. No que se refere ao desenvolvimento nacional, o Programa de Aceleração do Crescimento (BRASIL, 2008c) dá ênfase à infra-estrutura: energética (geração e transmissão de energia elétrica, petróleo, gás natural e combustíveis renováveis), logística (transporte: portos e aeroportos, rodovias, ferrovias e hidrovias) e social e urbana (recursos hídricos, transporte urbano, habitação e saneamento). Essas áreas de interesse dual oferecem boas perspectivas de fomento industrial e de pesquisa, indicando possíveis direcionamentos para a pós-graduação do IME.

3.4 ANÁLISE DA CONJUNTURA INTERNA

Uma análise da situação da pós-graduação do IME aponta para as seguintes dificuldades internas principais, ligadas a oportunidades de melhoria no sentido do seu próprio fortalecimento e, por conseguinte, da imagem institucional do IME e do Exército:

- Existe um forte apego de boa parte do corpo docente aos programas e cursos disciplinares atuais, devido principalmente à sua tradição histórica e ao receio de perda de recursos oriundos do SNCT (CAPES, CNPq e Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ), caso haja migração para novas áreas interdisciplinares. Nota-se, portanto, uma postura reativa a inovações na pós-graduação, com pouca iniciativa de participação nas atividades multidisciplinares institucionais e nível excessivo de individualismo (BRASIL, 2008d). Existem razões compreensíveis, embora não justificáveis, para tal comportamento, uma vez que vários docentes mais antigos formaram os pilares principais de sustentação dos seus programas e cursos, sendo responsáveis inclusive pela busca de grande parte do fomento em épocas de poucos recursos orçamentários e baixa prioridade institucional à pós-graduação.

- Destaca-se, no mesmo contexto, a insuficiente articulação horizontal na esfera das seções de ensino e das linhas de pesquisa, com baixo nível de sinergia (BRASIL, 2008d).

- A infra-estrutura laboratorial está parcialmente deteriorada em função do longo período de baixos investimentos, necessitando de modernização.

- O número de docentes titulados por linha de pesquisa é muito reduzido, em comparação com programas mais fortes existentes no Brasil em cada área (BORGES, VENTORINI e RONZANI, 2005). Observa-se, pelos dados das Tabelas 3.1 e 3.2, que existem 67 doutores do corpo docente permanente que atuam em 23 linhas de pesquisa ativas. Isso representa uma média de aproximadamente 3 docentes por linha de pesquisa, quando o recomendável seria pelo menos 7, para haver condições mínimas de proporcionar uma produção científica razoável. Ou seja, é requerido um aumento de mais de 100% do efetivo docente ou uma reestruturação das linhas de pesquisa, com o mínimo de perda de competências. Certamente, esse quadro é justificável historicamente, pois, ao longo da existência da pós-graduação do IME, houve razões institucionais para a criação das linhas de pesquisa hoje existentes, como também houve perda de parte considerável do corpo docente civil – seja pela aposentadoria ou pela simples desistência de continuar em programas que se mostram limitados em perspectivas

e frustrantes no apoio à pesquisa (FERREIRA, 2003) – e, conseqüetemente, um "congelamento", no final da década de 1980, do número de vagas em patamares muito baixos. Outro aspecto a considerar é o expressivo número de militares doutores atuantes na pós-graduação, sujeitos às movimentações típicas da sua carreira, à atuação em atividades adminstrativas e à falta de cobrança de produção científica para efeitos de promoção. Em particular, a flutuação do número de docentes e a sua rotatividade denotam instabilidade de competências e mudanças nos direcionamentos das pesquisas e são penalizadas pelos critérios de avaliação da CAPES.

– O IME tem uma tradição de excelência no ensino de graduação, mas apresenta deficiências crônicas na pós-graduação. Os dois níveis de ensino se valem, praticamente, dos mesmos docentes e da mesma infra-estrutura, mas sem dúvida a graduação está melhor estruturada e os corpos discentes têm características distintas (FERREIRA, 2003). Afora os alunos oriundos do QEM, e portanto da graduação do IME ou aprovados em rigoroso concurso público, a pós-graduação não é tão seletiva no seu processo de admissão quanto à graduação. A uma relativa escassez de candidatos, soma-se a maior atratividade de outros programas, mais consolidados, com melhor estrutura laboratorial e que apresentam facilidade de progressão para o doutorado, inclusive no exterior. Mesmo os alunos militares tem fluxo irregular nos mestrados do IME, face às recorrentes mudanças de orientação quanto à política de recursos humanos de C&T. Ademais, os melhores alunos, inclusive militares, acabam migrando para outras universidades ao final do mestrado, pois, como já listado, não há oferta de doutorado em engenharia no IME, e com eles vai o melhor da sua produção acadêmica, em grande parte fruto do esforço de formação empreendido pelo IME (FERREIRA, 2003).

– A estrutura do IME evoluiu naturalmente com o incremento de novas atividades e projetos nos últimos anos. Contudo, as novas demandas nem sempre foram acompanhadas de uma adequação em quantidade no seu quadro de pessoal. Como conseqüência, o Quadro de Cargos Previstos do IME, especificamente o quadro administrativo acadêmico e militar, é limitado e aquém das necessidades atuais, o que força muitas vezes a dedicação, à atividade-meio, de docentes doutores cientificamente produtivos. Outro problema grave é o minguado quadro de pessoal técnico de nível médio, motivado pelos afastamentos e aposentadorias e pela falta de recomposição.

– Muitos processos administrativos não estão adequadamente mapeados ou automatizados, gerando trabalhos redundantes e onerando ainda mais o setor. O aprimoramento da gestão dos processos é uma necessidade premente.

- Não existe um sistema adequado de medida e avaliação da produção docente que leve em consideração os seus diversos aspectos nos campos do ensino e da pesquisa científica e tecnológica. Assim, torna-se muito difícil a gestão de talentos por meio de uma apropriada alocação dos recursos humanos, de premiações e incentivos maiores à produtividade docente e científica.

Pode-se, também, identificar alguns pontos fortes da pós-graduação do IME que, em sua maioria, se confundem com as características que podem influenciar positivamente o próprio desempenho do Instituto elencadas em BRASIL (2008d):

- vinculação ao Exército Brasileiro;
- credibilidade externa, principalmente no âmbito do SNCT;
- valores e princípios fortemente arraigados e vivenciados;
- tradição histórica;
- corpo discente militar de elevado nível intelectual.

Existe também a possibilidade de aproveitamento de um maior número de egressos da graduação do Instituto por meio de um maior incentivo à pesquisa científica. Neste sentido, não se deve esquecer que o ensino e a pesquisa não podem ser dissociados na universidade. No contexto atual de excelência universitária, não se justifica graduação no IME sem pós-graduação e, efetivamente, aquela muito se beneficia desta, principalmente no que concerne à iniciação científica dos seus alunos e à qualidade do corpo docente. Segundo um consenso crescente, especialmente nos órgãos responsáveis do MEC, um bom curso de pós-graduação sempre está ao par de um bom curso de graduação, e vice-versa (FERREIRA, 2003). Além disso, as avaliações de graduação e pós-graduação estão cada vez mais interligadas, como bem aponta o Sistema de Avaliação do Ensino Superior (SINAES), criado MEC para avaliar o ensino de graduação no País. Novas universidades deverão necessariamente possuir cursos de pós-graduação de mestrado e doutorado segundo as últimas resoluções do MEC. Pode-se então afirmar que: (i) pós-graduação fraca afeta a qualidade da graduação e, (ii) cursos superiores sem pós-graduação são considerados de segunda linha.

3.5 ALTERNATIVAS E PROPOSTAS

Não obstante as dificuldades e ameaças que se apresentam nos ambientes interno e externo, o recente Planejamento Institucional do IME (BRASIL, 2008d) provê diretivas baseadas em oportunidades oferecidas no âmbito externo e em deficiências identificadas no plano interno para a elaboração de projetos e planos de ação capazes de promover, em curto prazo, o alinhamento sinérgico de todos os esforços para o

efetivo cumprimento da sua missão organizacional e o fortalecimento institucional. A seguir, estão listadas somente as diretrizes que mais podem afetar a pós-graduação, proporcionando-lhe novas perspectivas (BRASIL, 2008d):

- " [...] A otimização dos processos internos deverá ser permanentemente buscada, com base na máxima integração entre os níveis de ensino (graduação, pós-graduação e extensão) e as atividades acadêmicas, técnicas e administrativas, no uso extensivo da informatização e na transparência aos usuários.
- O desempenho organizacional e o individual deverão orientar-se pelos resultados e sua avaliação fundamentar-se em indicadores de eficiência, eficácia e efetividade. Indicadores deverão ser exaustivamente adotados para todas as atividades finalísticas e de apoio.
- As parcerias com instituições de ensino superior, com centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação, com centros de excelência no âmbito da engenharia e com órgãos de fomento deverão ser incentivadas e priorizadas, por meio do estabelecimento de vínculos baseados no interesse mútuo de cooperar e no respeito às visões e gestões individuais e naturezas próprias de cada órgão.
- Maior inserção, nacional e internacional, deverá ser buscada por meio de ações e parcerias institucionais formais, evitando-se iniciativas pessoais que não envolvam a estrutura organizacional.
- Os investimentos em infra-estrutura deverão ser analisados, planejados e priorizados quanto aos objetivos de ensino e pesquisa, aspectos de urgência, relação custo-efetividade, diretrizes e orientações do DCT, análise prospectiva e monitoramento das tendências, nacionais e internacionais, nas áreas do conhecimento ligadas à engenharia.
- As oportunidades de financiamento de fontes externas para investimento na infra-estrutura deverão ser acompanhadas por todos e exploradas segundo o planejamento de investimento institucional consolidado e coordenado pela Direção de Ensino.
- A otimização qualitativa dos recursos humanos deve ser considerada como ação prioritária, por meio do treinamento e do aperfeiçoamento.
- Os problemas devem ser diagnosticados com precisão, objetividade e isenção. Avaliações superficiais e/ou tendenciosas levam a ações equivocadas e dispersivas em esforços; avaliações precisas conduzem a ações focadas e eficazes."

O diagnóstico institucional conduzido no IME culminou, também, com o estabelecimento de objetivos constantes do Plano de Desenvolvimento Institucional apresentado recentemente ao MEC e que descreve a forma de condução das atividades

acadêmicas e de suporte. Elencam-se, igualmente, os objetivos mais atinentes à pós-graduação, em consonância às análises da conjuntura interna e externa apresentadas na seção anterior (BRASIL, 2008d):

- " [...] Reestruturar os cursos de graduação e pós-graduação de acordo com as orientações do PBCT e com a Resolução 11/2001 do Conselho Nacional de Educação (CNE)-Câmara de Educação Superior (CES)[9], buscando otimizar a sua atual estrutura de cursos, adequá-la à sua infra-estrutura e estabelecer uma formação mais generalista e multidisciplinar do seu egresso.
- Ampliar e aprofundar a formação profissional do engenheiro, adquirida nos cursos de graduação, desenvolver aptidões para a pesquisa e atender a necessidades de conhecimentos de projetos em andamentos ou que serão criados no Exército Brasileiro.
- Planejar, coordenar e controlar a execução dos trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa em prol do PBCT.
- Promover e coordenar a pesquisa básica de C&T e os projetos de engenharia no IME e sua integração com a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental realizados pelos Grupos Finalísticos do PBCT, de modo a produzir conhecimentos novos, sua difusão, quando for conveniente ao EB; e se possível, transformação em inovações tecnológicas, nas áreas de interesse do Exército e do País.
- Implementar a nova estrutura do Ensino Científico-Tecnológico, quanto à quantidade, modalidade e objetivos dos cursos e estágios, para melhor atender à demanda atual e futura do Exército.
- Capacitar os agentes administrativos para as atividades de assessoramento, planejamento, coordenação, controle e avaliação do ensino em assuntos técnico-pedagógicos.
- Estimular a busca do intercâmbio institucional e sistemático com outros Sistemas de Ensino Militares, Civis e com Nações Amigas.
- Promover a contínua atualização e melhoria dos meios físicos (salas de aula, laboratórios, anfiteatros e auditórios, bibliotecas) de suporte à atividade de ensino e de pesquisa colocados à disposição.
- Reestruturar atividades que visam uma maior integração da comunidade acadêmica com a comunidade em que o IME está inserido.
- Ampliar, capacitar, aperfeiçoar, desenvolver profissionalmente e valorizar os recursos humanos dedicados às atividades de competência do IME.

[9] Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002, Seção 1, p. 32, institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia.

- Integrar as atividades das áreas responsáveis pelo ensino acadêmico, ensino militar e administração de pessoal, patrimonial e financeira, com vistas a evitar desperdícios, eliminar redundâncias e otimizar resultados.
- Ampliar os instrumentos de avaliação institucional, contemplando a análise global e integrada de todas as dimensões, estruturas, relações, atividades, finalidades e responsabilidades institucionais e individuais.
- Aprimorar a infra-estrutura física, especialmente no que tange ao ensino, pesquisa e apoio aos recursos humanos.
- Aperfeiçoar os mecanismos de comunicação com os demais órgãos do Exército, com as instituições nacionais vinculadas ao ensino e à pesquisa e com a sociedade, de modo a conquistar a visibilidade compatível com a estatura do IME, a prevenir o dispêndio de esforços devido a conflitos e instabilidades evitáveis e a reverter conjunturas externas desfavoráveis.
- Promover a excelência na gestão dos processos internos, por meio da implantação de projetos de inovação e melhoria e da adoção de indicadores adequados de eficiência, eficácia e efetividade.
- Promover e preservar, com o envolvimento de todos os integrantes do IME, o ambiente interno de convivência caracterizado pela prática dos valores éticos, pelo respeito mútuo, pelo comprometimento com a Instituição, pelo sentimento de realização profissional e pelo estímulo ao pensamento crítico, criativo e inovador e à participação focada nos objetivos institucionais."

Algumas necessidades institucionais listadas por temas no mesmo documento (BRASIL, 2008d)[10] estão diretamente relacionadas à eliminação de vulnerabilidades da pós-graduação destacadas anteriormente e são objeto dos projetos e planos de ação:

- **Gestão eficiente**: mapeamento de processos e elaboração do Plano de Gestão Organizacional.
- **Inovação e propriedade intelectual**:
  - disponibilização aos pesquisadores de estrutura e recursos para depósito de patentes em co-propriedade, de acordo com a legislação aplicável;
  - regulamentação e implantação do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) do IME;
  - implantação da atividade de inteligência tecnológica, incluindo a previsão e prospecção tecnológica como eficazes instrumentos de gestão das atividades e ferramentas de apoio à decisão sobre assuntos relacionados ao ensino e à pesquisa.

[10] Algumas das necessidades aqui enumeradas também foram citadas por BORGES, VENTORINI e RONZANI (2005).

- **Infra-estrutura**: provisão de novos equipamentos e adequação da infra-estrutura laboratorial às necessidades atuais das atividades de ensino e pesquisa.
- **Fortalecimento dos programas de pós-graduação**:
  - integração dos atuais programas, sem perda de competências, de modo a promover a apropriada sinergia entre as linhas de pesquisa;
  - auto-estruturação para o aproveitamento das oportunidades presentes e futuras de evolução, projeção e fortalecimento da pós-graduação do IME;
  - estímulo à produção científica, representada pela publicação de artigos em periódicos científicos indexados e pelas citações bibliográficas, e a inovação tecnológica, traduzida pelo número de patentes depositadas;
  - adoção de ações para atração de alunos civis de nível elevado;
  - estabelecimento de indicadores de desempenho, institucionais e individuais;
  - estabelecimento de indicadores de efetividade, que possibilitem avaliar a qualidade do recurso humano pós-graduado e da pesquisa.
- **Corpo docente**: empreendimento de ações visando à contratação de novos professores e aumento do corpo docente.
- **Produção intelectual**:
  - implantação de um centro de idiomas para redação científica, iniciando pelo inglês, com estrutura de apoio ao desenvolvimento do público interno e às publicações em periódicos internacionais;
  - implantação de um sistema de acompanhamento de produtividade ostensivo, facilmente acessível e amplamente divulgado, que possibilite o acompanhamento do desempenho e da produção intelectual do corpo docente.
- **Articulação externa**:
  - estudo da viabilidade de implantação de *campi* avançados do IME na Amazônia, no Estado de São Paulo e no CTEx;
  - proposição de ações para ampliar a participação em comitês e comissões vinculadas a órgãos de direção e fomento do ensino e da pesquisa (CAPES, MD, CNPq etc.) e sociedades científicas;
  - ampliação da inserção nacional pelo aumento da visibilidade e da participação nos fóruns decisórios de assuntos de interesse do IME e do SCTEx.

- **Valorização do pessoal**:
  - mapeamento das competências de todos os integrantes do IME de modo a realizar a efetiva gestão do conhecimento organizacional em prol da consecução dos objetivos institucionais e da realização profissional do pessoal docente e discente;
  - estabelecimento, a partir dos objetivos do SCTEx, contidos no PBCT ou em outros documentos, dos objetivos e metas do ensino de pós-graduação e da prospecção tecnológica, um plano de capacitação de médio prazo para os docentes civis e militares, visando o aprimoramento intelectual;
  - ampliação dos critérios de avaliação de professores civis e militares, para os diversos fins pertinentes, à luz da missão, dos objetivos e metas institucionais, bem como do aprimoramento individual;
  - proposição e implementação de medidas para estimular a produtividade docente.

Nota-se, portanto, que a pós-graduação do IME passou a ser considerada prioridade institucional e verdadeiro elemento de consecução dos seus objetivos estratégicos maiores. Sendo a principal responsável pela formação em alto nível de pesquisadores para o Exército, a pós-graduação do IME não pode fugir ao destino de Centro de Excelência do SCTEx e, conseqüentemente, do SisCTID, devendo responder ao desafio de integração com os demais componentes do próprio SCTEx e dos sistemas de C&T das outras Forças Armadas, sem deixar de participar também do SNCT.

Além da formação de recursos humanos civis e militares, a pós-graduação do IME deve atingir e manter a liderança na pesquisa básica de interesse do SisCTID e do SCTEx e cumprir o papel da universidade na cadeia da inovação tecnológica junto ao setor produtivo, como geradora e depositária de conhecimentos, contribuindo assim para o esforço de integração da indústria às atividades de C&T. Para isso, o IME deve dispor de um NIT próprio, com a finalidade de gerir sua política de inovação, conforme previsto na Lei de Inovação Tecnológica.

O objetivo de qualquer proposta de reestruturação da pós-graduação deve visar a excelência que os cursos de graduação já vêm apresentando nas avaliações do MEC no decorrer de sua história, para melhor atender aos interesses do Exército. Ressalte-se que a pós-graduação do IME têm sido financiada fortemente por órgãos externos ao Exército, como CAPES, CNPq e FINEP e que, muitas vezes, estas verbas prestam apoio vital às atividades de graduação. Deve-se, então, fomentar a continuação e o aumento do aporte destas verbas externas ao Exército para que os objetivos preconizados pelo PBCT sejam mais prontamente atingidos.

No que concerne ao SCTEx especificamente, deve-se atentar também para o fato de que a capacitação de recursos humanos para as áreas de C&T deverá ser baseada, segundo a Diretriz Geral do Comandante do Exército (BRASIL, 2007c), em judicioso estudo das necessidades institucionais, de modo a proporcionar o máximo de permanência do profissional no projeto ou atividade para a qual foi habilitado.

Outro aspecto relevante a ser lembrado é que a pós-graduação do IME tem possibilidade de contribuir mais efetivamente para a pós-graduação de oficiais do Exército não pertencentes ao QEM, uma vez que o desenvolvimento de materiais e equipamentos de defesa envolve oficiais das Armas em várias fases do seu ciclo de vida (BRASIL,1994a; BRASIL, 1994b). Por outro lado, o IME já pós-graduou e vem pós-graduando oficiais de Forças Auxiliares, de Nações Amigas e também de outras Forças Armadas, a despeito de os sistemas de C&T das Forças singulares serem, de fato, estanques e não contarem com uma efetiva integração. Além disso, vários civis brasileiros e estrangeiros já obtiveram os graus de mestre e doutor do IME, que vê também na capacitação de civis para a área de defesa uma forma de gerar vocações para o SisCTID. A pós-graduação do IME é, então, um instrumento de sua integração ao SCTEx e ao SisCTID, assim como de sua projeção nos cenários nacional e internacional, contribuindo decisivamente para o fortalecimento da imagem positiva do Exército junto à sociedade brasileira.

No tocante à participação no SNCT e, em particular, à melhoria do desempenho medido pela CAPES, se apresentaram inicialmente três alternativas evidentes:

- prosseguir no rumo já trilhado, buscando a consolidação das áreas disciplinares em funcionamento, através da criação e credenciamento de novos cursos de doutorado;

- tentar reposicionar-se em uma categoria específica de instituições da área de defesa, pela criação de um programa multidisciplinar nessa área;

- estruturar o PGED com fortes características interdisciplinares e submetê-lo ao Comitê Interdisciplinar na sua área básica de engenharia, tecnologia e gestão.

A primeira alternativa somente poderia ser viabilizada por meio de um significativo aumento do corpo docente titulado e após a produção científica dos diversos programas atingir os níveis exigidos pela CAPES para aprovação de cursos de doutorado. Tentativas recentes neste sentido fracassaram por se depararem com programas concorrentes significativamente mais fortes nesses dois pontos, o que leva ao descarte dessa linha de ação. Por outro lado, a alternativa de uma categoria isolada de avaliação da CAPES para a área de defesa poderia terminar por ser exclusiva do IME, uma vez que não se verifica por que interessaria aos sistemas das outras Forças pertencer a esta categoria (FERREIRA, 2003). A pós-graduação do ITA apresenta programas

disciplinares de bom desempenho no contexto do SNCT e a Marinha não possui nenhum programa próprio para ser avaliado. Também não se vislumbra como um novo programa, resultante da justaposição dos atuais (configurando um programa multidisciplinar, mas não interdisciplinar), resultaria em algo mais eficiente do ponto de vista dos tradicionais parâmetros de avaliação da CAPES. O PGED surge, então, como uma opção interessante pois busca, por meio da integração dos docentes mais produtivos das áreas disciplinares e com vistas às janelas de oportunidade, a excelência no ensino de pós-graduação focado nos interesses do Exército e da Defesa, uma condição ao mesmo tempo diferenciada e inovadora, mas dentro de parâmetros estabelecidos no SNCT pelo Comitê Interdisciplinar da CAPES.

Não obstante as evidências da necessidade de mudanças apresentadas nas Seções 3.3 e 3.4 e as várias propostas de melhoria apresentadas e discutidas nesta seção, restam ainda algumas definições importantes, tais como:

- os critérios para a definição dos programas e cursos que demandam mudanças;
- os programas e cursos enquadrados nos critérios estabelecidos;
- as áreas eleitas como passíveis de atuação no PGED.

Uma resposta para a primeira questão, amparada pela discussão precedente, foi apresentada em ACOCELLA (2008):

- (in)existência de doutorado;
- baixa avaliação pela CAPES;
- baixa produtividade científica;
- insuficiente número de docentes com a qualificação exigida.

A Tabela 3.3 apresenta, com base nos dados das Tabela 3.2 e nos relatórios da última avaliação trienal da CAPES, os programas e cursos enquadrados em cada um desses critérios (ACOCELLA, 2008). Os cursos que se enquadram em pelo menos 3 dos 4 critérios estabelecidos são: Transportes, Elétrica, Mecânica, Cartográfica, Nuclear, Sistemas e Computação. Avalia-se que alguns desses cursos terminem por agregar-se espontanemante ao PGED, motivados pela possível aprovação do seu doutorado pela CAPES, intensificando a integração e reduzindo o número de programas em prol do crescimento qualitativo.

Cabe, ainda, indagar qual seria a receptividade do PGED na sociedade civil. Diante da designação pela CAPES de uma comissão para orientar o IME na preparação da proposta do PGED e da decorrente expectativa de aprovação da proposta, atestado pelas diversas discussões internas e externas, foi aberta no Instituto, no início de 2007,

Tabela 3.3: Critérios para avaliação da pós-graduação

Critério	**Programas ou Cursos**							
	Mat	Qui	Trp	Ele	Mec	Crt	Nuc	SC
Inexistência de doutorado			x	x	x	x	x	x
Baixa avaliação pela CAPES		x	x	x	x	x	x	x
Baixa produtividade			x		x	x	x	x
Insuficiente nº de docentes		x	x	x	x	x	x	x

Legenda: Mat - Materiais; Ele - Elétrica; Nuc - Nuclear; Qui - Química; Mec - Mecânica; SC - Sistemas e Computação; Trp - Transportes; Crt - Cartografia

Fonte: ACOCELLA (2008)

uma chamada do PGED, para alunos civis e militares, para testar a receptividade do novo programa. Esta foi grande, com o número de candidatos civis e militares inscritos no programa superando as inscrições para os outros programas de pós-graduação do IME credenciados pela CAPES.

4 PGED: CONCEPÇÃO E ESTRUTURAÇÃO

Os aspectos principais da contextualização, fundamentação, conceito, objetivos e estrutura do PGED são apresentados neste capítulo e são baseados primordialmente nos documentos originais de sua proposta (PELLANDA, BORGES e RONZANI, 2006; PELLANDA et al. 2007; ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008). Buscou-se, assim, aprimorar e consolidar as informações por meio da formulação de uma linha de raciocínio lógica e contextualizada, vinculando-as às suas origens, mas sem perder o foco na conjuntura atual do ensino de pós-graduação do IME e do novo paradigma de produção do conhecimento.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1.1 Pós-Graduação e Pesquisa em C&T e Defesa Nacional

As atividades de pesquisa científico-tecnológica e de inovação são hoje, incontestavelmente, componentes fundamentais da presença atuante e autônoma de uma nação, como também da agregação de valor a produtos e processos, com reflexos diretos nas possibilidades de inserção competitiva no mercado mundial. Não é por acaso que muitas nações se referem à C&T como uma questão de poder capaz de dividir o mundo entre os países que produzem conhecimentos e tecnologias e aqueles que, no máximo, conseguem copiá-los. O desenvolvimento científico e tecnológico tornou-se, com isso, fator determinante na geração de renda e na promoção de bem-estar social. Por esta razão, os altos estudos estratégicos brasileiros (BRASIL, 2006b) consideram também a expressão Científica e Tecnológica como uma das Expressões do Poder Nacional.

No âmbito da Defesa Nacional, a postura estratégica predominantemente dissuasória adotada pelo Estado brasileiro apóia-se fortemente na componente tecnológica (BRASIL, 2005b; ACOCELLA, 2006), na medida em que esta se torna, cada vez mais, um fator determinante na comparação da capacidade militar de defesa das nações. Neste sentido, o fomento da pesquisa científico-tecnológica e inovação na área de defesa constitui um eixo fundamental da soberania do País e da preservação de seus legítimos interesses e deve considerar, não somente a elaboração de agendas de pesquisa apropriadas, mas também a criação de quadros de recursos humanos institucionais para a pesquisa e para o correto direcionamento dos seus programas de

apoio. Assim, a consecução da PDN (BRASIL, 2005b) certamente vai se deparar, em curto prazo, com a dificuldade do desequilíbrio entre a demanda e a oferta internas de recursos humanos com alto grau de qualificação na área de C&T voltada para os assuntos de defesa. Os argumentos apresentados no restante desta seção reforçam esta assertiva.

Há, no âmbito internacional de questões de defesa, acordos, tratados, convenções e regimes de controle de fluxo de conhecimento científico e tecnologias sensíveis. Esses controles têm o intuito de conter a proliferação de armas de destruição em massa e dos seus meios de lançamento e têm tido reflexos nas áreas econômica, científica e tecnológica e de defesa dos países signatários, em especial daqueles menos desenvolvidos. Assim, os países desenvolvidos dispõem e estão se valendo de instrumentos multilaterais para impedir o acesso dos países emergentes a conhecimentos científicos e tecnologias considerados sensíveis. Como exemplo, pode-se citar a Resolução 1540, de 28 de abril de 2004, do Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas (ONU) (UN, 2004), que estendeu os controles às denominadas tecnologias duais aplicáveis na proliferação de armas químicas, biológicas, nucleares e seus meios de lançamento.

Sem dúvida, estabeleceu-se um espectro de controle que, uma vez implantado em sua totalidade, gerará dificuldades consideráveis para a aquisição, a pesquisa básica e o desenvolvimento dos itens contidos nas listas de controle. Contudo, esse controle sobre tecnologias diretamente ligadas à defesa ainda não protege efetivamente a denominada transferência intangível de programas de computadores e tecnologia, que podem dar origem à proliferação de conhecimentos indispensáveis ao desenvolvimento das tecnologias duais, de aplicação civil e militar. Assim sendo, em setembro de 2004, começaram a ser discutidas, no âmbito do MTCR (*Missile Technology Control Regime*) (MTCR, 2008), as primeiras bases para a criação de um futuro controle também sobre a difusão do conhecimento que englobaria transferências eletrônicas de software e a transferência oral e manual de tecnologia.

Um aspecto positivo da questão dos regimes de controle internacionais é que ela tem se mostrado não somente um obstáculo ao desenvolvimento científico e tecnológico, mas também um estímulo ao desenvolvimento de soluções autóctones para os materiais de emprego militar e para os sistemas de defesa de maneira geral. Um ponto interessante, observado atualmente nos meios acadêmico e de P&D nacionais, é a busca por uma maior integração civil-militar para o estabelecimento de soluções tecnológicas de interesse dual, devido às restrições indiretas impostas por esses regimes às tecnologias sensíveis de uso civil. Como exemplo, pode ser citado o caso do desenvolvimento das tecnologias inerciais em parcerias estabelecidas entre centros de pesquisa militares e civis, que tem sido fomentado pelo MCT e pela Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A., entre outros órgãos governamentais.

A despeito dos regimes de controle, o Brasil tem desempenhado um papel importante no cumprimento de diversas missões de paz da ONU (BRASIL, 2008a). Somente nos últimos anos, tropas das Forças Armadas e do Exército Brasileiro estiveram ou estão presentes nos conflitos de Moçambique, Angola, Timor Leste e Haiti. Isso também reforça a necessidade de aparelhamento da Força Terrestre com materiais e equipamentos mais modernos e eficientes, compatíveis com as missões impostas por esses compromissos internacionais. Esses fatores requerem um maior direcionamento para a formação de recursos humanos especializados e capacitados para seu desenvolvimento e realização de pesquisas relacionadas.

O aumento da demanda por qualificação de alto nível na área de C&T em defesa se torna evidente também pela sofisticação dos sistemas de combate que se apresentam nos cenários de conflitos atuais, especialmente no Oriente Médio e na Península Balcânica, bem como nos cenários para o futuro (FERREIRA, 2004). Acrescente-se a isto o seguinte aspecto intrínseco aos sistemas de defesa: o caráter inter e multidisciplinar cada vez maior do conhecimento associado às diversas tecnologias de interesse para a defesa (ACOCELLA, 2004). Os conceitos relacionados à inter e multidisciplinaridade no contexto da educação e da produção do conhecimento foram apresentados na Seção 2.5 e serão particularizados para o contexto do PGED nas Seções 4.4 e 4.6.

No entanto, em contraste com essa realidade internacional, na esfera nacional, a indústria de defesa diminuiu consideravelmente o seu tamanho e importância ao longo dos anos oitenta e noventa (PINTO et al, 2004). Por outro lado, os fatores internacionais enunciados e a necessidade e o desafio de vigilância e defesa do nosso território de dimensões continentais e das nossas riquezas naturais, em especial da cobiçada Região Amazônica e da, assim chamada, Amazônia Azul[1], estão conduzindo a uma crescente conscientização da importância da área científico-tecnológica para a soberania e segurança nacionais. Ressalte-se que, historicamente, nos países do Primeiro Mundo, o desenvolvimento industrial e as novas descobertas tecnológicas estão intimamente associados com a existência de uma forte indústria de defesa. Este contexto tem levado as instituições federais de fomento à pesquisa e à inovação tecnológica nacionais a uma série de iniciativas fundamentais no sentido de mudar o quadro atual de estagnação da indústria de defesa no Brasil.

A própria PDN (BRASIL, 2005b), atualizada em junho de 2005 pelo MD e em processo de reformulação por uma equipe interministerial, é um exemplo dessas iniciativas. Nesse documento, fica bem estabelecido o caráter preventivo e dissuasório da PDN. Segundo BRASIL (2005b), o fortalecimento da capacitação do País no campo da defesa, no que concerne à capacitação científica e tecnológica das Forças Armadas, passa de certa forma pelo Modo 2 de produção do conhecimento, ou seja, pelo en-

[1]Área formada pela soma da Zona Econômica Exclusiva (faixa litorânea de 200 milhas marítimas de largura) e da Plataforma Continental.

volvimento permanente dos setores governamental, industrial e acadêmico, voltados à produção científica e tecnológica e à inovação, culminando com o desenvolvimento da indústria de defesa. Estabelece também o domínio de tecnologias de uso dual como forma de alcançar o abastecimento seguro e previsível de materiais e serviços de defesa.

A atenção dada atualmente à área de defesa no meio nacional também se reflete em outras iniciativas já citadas na Seção 3.3. Entre elas, destacam-se a criação do próprio MD, da CMID, da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa da FINEP e de um Comitê Temático de Defesa no CNPq. Foram também criadas recentemente algumas comissões interministeriais que tratam de assuntos relativos à pesquisa e ao desenvolvimento científico-tecnológico de interesse da Defesa Nacional, como é o caso da COMASSE, presidida pelo Secretário de Logística e Mobilização do MD, e da Comissão Técnica Interministerial instituída pela Portaria Interministerial MCT/MD nº 750, de 20 de novembro de 2007, com o objetivo de viabilizar soluções científico-tecnológicas e inovações para o atendimento das necessidades do País atinentes à defesa e ao desenvolvimento nacional.

Em particular, em 2005, os Ministros da Educação e da Defesa assinaram portaria interministerial para a criação do Pró-Defesa (BRASIL, 2006c). No âmbito desse programa, a CAPES lançou edital que consistiu de 800 mil reais por ano para custeio de projetos para promover formação de mestres e doutores na área, por meio de uma política do tipo *bottom-up*. O Pró-Defesa visa fomentar a criação de cursos de mestrado e doutorado na área e interação entre duas ou mais instituições. O pré-requisito para participação é a existência de cursos de pós-graduação credenciados pela CAPES, que em notícia de divulgação do edital cita explicitamente como exemplos os cursos existentes no IME, ITA e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Um novo edital foi lançado em 02 de maio de 2008 e prevê um orçamento de 7,2 milhões de reais.

4.1.2 Pós-Graduação em Engenharia de Defesa e Desenvolvimento

A formação de recursos humanos em nível de pós-graduação no IME começou a ser implantada em 1957, ao iniciar o Curso de Especialização em Engenharia Nuclear (RONZANI et al., 1999). Este curso, de período integral, tinha a duração de um ano e os alunos apresentavam uma monografia escrita no final do mesmo. Ele formou vários especialistas que desempenharam atividades no sistema universitário, nas instituições de pesquisa, em órgãos regulatórios e normativos e no setor industrial do País. Em 1969, a pós-graduação *stricto sensu* foi efetivamente iniciada no Instituto, com a criação dos cursos de mestrado em Química e em Engenharia Nuclear. Em 1970, foram tomadas as medidas estruturais para a implantação definitiva da pós-graduação, tendo

sido criados os mestrados em Ciência dos Materiais e Engenharia Elétrica (RONZANI et al., 1999).

Atualmente, o IME possui dois programas completos e seis cursos de pós-graduação *stricto sensu* (Tabela 3.1) (entre parênteses o ano de criação) (RONZANI et al., 1999), sendo os programas de Química (1972) e de Ciência dos Materiais (1977) em nível de mestrado e doutorado, enquanto os cursos de Engenharia Nuclear (1969), Engenharia Elétrica (1971), Engenharia Mecânica (1973), Engenharia de Transportes (1977), Sistemas e Computação (1987) e Engenharia Cartográfica (1996) existem em nível de mestrado.

Em 2005, o DCT realizou um detalhado diagnóstico do ensino da linha científico-tecnológica[2]. Nesse estudo, no que concerne à pós-graduação, foi constatada que a existência de vários cursos de pós-graduação nas áreas clássicas da engenharia, apesar dos resultados já obtidos em prol do Exército e do País, necessitava de uma nova abordagem mais sistêmica (BRASIL, 2005a). Neste contexto, o IME realizou estudos internos que levaram à proposta de um novo programa de pós-graduação - o PGED (PELLANDA, BORGES e RONZANI, 2006; PELLANDA et al. 2007), que visa integrar as várias áreas de pós-graduação para atuarem de forma sistêmica e sinérgica em questões científico-tecnológicas voltadas para inovações de interesse da defesa nacional, constituindo o cerne da formação dos mestres e doutores em Engenharia de Defesa.

Mesmo antes da criação do PGED, no edital do Pró-Defesa, pesquisadores do IME submeteram 16 projetos (de um total de 42), uma amostra da variedade e alcance de pesquisas na área de defesa realizadas no IME. Todos os projetos submetidos pelo IME foram julgados meritórios, conforme informação do MD. De um total de 12 projetos aprovados (seis de ciências sociais e seis de ciências e engenharia), o IME teve três projetos contemplados. Já no primeiro Edital Universal/CNPq que incluiu o novo Comitê Temático de Defesa, em 2004, de um total de 7 projetos aprovados da área, 3 foram do IME. No Edital Universal/CNPq, em 2006, 2 dos 4 projetos selecionados pelo Comitê Temático de Defesa são do IME, sendo os únicos na área de ciências e engenharia. Além disso, o IME conta atualmente com três bolsistas de produtividade em pesquisa do Comitê de Defesa do CNPq. Este desempenho do IME nos primeiros editais que contemplaram a área de defesa demonstra o amadurecimento do Instituto para criar um programa inovador na pós-graduação nacional que combine engenharia, ciências e defesa, com significativo potencial para a Defesa Nacional.

Além disso, dadas a importância do Exército Brasileiro no cenário de defesa nacional e a relevância dos programas de pós-graduação do IME nas ações relativas à C&T dentro da Força Terrestre (PINTO et al, 2004), é notória a necessidade de ori-

[2]Os aspectos principais desse diagnóstico, relacionados com a pós-graduação, foram apresentados no Capítulo 3.

entar seus cursos e pesquisas de forma efetiva para o desenvolvimento da área de defesa. A área de Engenharia de Defesa é uma vocação natural do IME e, por isso, se torna uma alternativa evidente nesse contexto. Além disso, o Exército está em situação vantajosa para contribuir nessa área, por possuir uma expressiva massa de pesquisadores militares capacitados e contar com um fluxo contínuo de renovação desses quadros.

A proposta do PGED vai, então, ao encontro desses anseios e também das "Diretrizes de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para a Defesa Nacional" preconizadas numa concepção estratégica estabelecida conjuntamente em 2003 pelo MD e MCT (BRASIL, 2003a). Um dos objetivos dessas diretrizes é criar condições para a integração das atividades de CT&I das Forças Armadas com o SNCT. Em particular, outro objetivo da diretriz é a estruturação de um sistema de CT&I de interesse da defesa nacional, bem como a identificação de temas e programas estratégicos para a área.

A iniciativa de propor a criação do PGED e de submetê-lo às avaliações da CAPES, como ocorre com outros programas de pós-graduação do IME, é uma ação concreta no sentido de fomentar a formação de recursos humanos especializados nessa área estratégica de interesse nacional. A integração desse novo programa ao Sistema de Pós-Graduação Nacional, sujeitando-o à avaliação de um comitê de área que contemple as especificidades desta proposta inter e multidisciplinar, é de fundamental importância para a obtenção da excelência requerida nas atividades de ensino e de pesquisa do IME. Essa integração também garante a dualidade das pesquisas desenvolvidas no novo programa e a ampliação do universo de seleção para candidatos civis sem vínculo com as Forças Armadas que terão a oportunidade de obter uma formação altamente diferenciada. Estas características do PGED, acrescida da reconhecida excelência do IME, certamente terão grande impacto nos meios acadêmico, científico e industrial nacionais.

No âmbito da pós-graduação nacional, o PGED vai ao encontro da necessidade de novos cursos de pós-graduação em áreas inovadoras e estratégicas para o País e que contemplem a inter e multidisciplinaridade do conhecimento científico no Século XXI. Isto está bem claro no PNPG 2005-2010 (BRASIL, 2004).

Não existe programa de pós-graduação com as características do programa proposto nos contextos regional e nacional, com exceção do PPGAO do ITA (OLIVEIRA et al., 2002; VASCONCELOS, 2008). Este programa está focado em quatro linhas de pesquisa, a saber: Comando e Controle, Guerra Eletrônica, Análise Operacional e Armamento Aéreo. As duas primeiras linhas de pesquisa têm certa interseção com duas das linhas de pesquisa incluídas na proposta do PGED. Contudo, o PPGAO, tende a ser um programa mais multidisciplinar que interdisciplinar e está voltado para a formação em nível de pós-graduação de oficiais não necessariamente graduados em engenharia e não busca o reconhecimento da CAPES, sendo o diploma de um

determinado aluno auferido pelo programa de pós-graduação disciplinar do ITA do qual o seu trabalho de dissertação mais se aproxima. Esse modelo adotado para o PPGAO, apesar de diferir do modelo do PGED, tem alcançado resultados muito interessantes para a formação de recursos humanos na área de defesa. Por conseguinte, a Pós-Graduação em Engenharia de Defesa é uma proposta com características de concepção e estruturação inéditas e inovadoras em nível regional e nacional e sua criação certamente corrobora com os diversos objetivos preconizados pela PDN e, juntamente com o PPGAO, se tornam ferramentas do aumento da assimetria militar da defesa brasileira no contexto regional (VASCONCELOS, 2008).

O IME é reconhecidamente uma tradicional escola de engenharia do Brasil, precursor nacional na implantação de diversos cursos, e a excelência do seu ensino de graduação tem sido certificada pelo MEC por meio do antigo Exame Nacional de Cursos ("Provão") e pelo ENADE, que integra o Sistema Nacional de Avaliação Superior SINAES (BRASIL, 2008b). Desde 1996, o Instituto vem colecionando, em todas as suas especialidades, conceitos máximos nessas avaliações, que atualmente conjugam fatores relacionados à sua infra-estrutura, ao seu projeto didático-pedagógico, ao seu corpo docente e ao desempenho, em provas específicas de caráter nacional, dos seus alunos formandos. No ENADE de 2005, por exemplo, o IME obteve a segunda maior média nacional em um de seus cursos e a maior média em todos os demais. O PGED certamente se valerá do êxito do ensino de graduação do Instituto, aproveitando os melhores egressos dos seus cursos para compor o seu quadro discente.

Por outro lado, desde o ano de 2003, com a elaboração e aprovação do PBCT, cuja edição atualmente em vigor trata do período de 2008 a 2011 (BRASIL, 2007a), os temas dos trabalhos de Iniciação à Pesquisa e de Projetos de Fim de Curso dos alunos militares da graduação do IME são orientados, ainda com maior ênfase e foco, para assuntos de defesa. Muitas dissertações de mestrado e teses de doutorado na área de defesa já foram defendidas nos programas de pós-graduação disciplinares tradicionais do IME. Desde 2004, os alunos militares selecionados para realizar pós-graduação no IME e em outros estabelecimentos civis de ensino o fazem em temas de interesse da defesa e, particularmente, do Exército. Esta orientação do DCT criou condições para a concepção desse novo programa de pós-graduação.

Vale ressaltar ainda que o mencionado alinhamento do Instituto ao PBCT não restringe as atividades de pesquisa do IME aos temas propostos por esse plano. A Instituição continua com abertura para a realização de atividades não diretamente relacionadas ao PBCT, de forma que o IME possa atuar em assuntos de pesquisa básica e tecnologias de ponta sem a imediata aplicação militar. Neste sentido, os projetos com aplicações duais (de aplicação civil e militar) são estimulados, em concordância com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento nacional e de obter recursos e apoio de órgãos de fomento civis.

Além da necessidade de desenvolver uma capacidade científico-tecnológica que permita à Força Terrestre contribuir para o poder dissuasório do País (BRASIL, 2005b), é necessário também que o avanço científico-tecnológico brasileiro dê suporte à consolidação do Brasil como potência emergente no cenário global. Assim, o PGED do IME visa, a partir de uma formação fortemente assentada na pesquisa básica inter e multidisciplinar de qualidade e inserção internacional, preencher esta demanda nacional de pessoal altamente qualificado e especializado nas áreas de ciências e engenharias, contribuindo para esse novo papel reservado ao Brasil no cenário geopolítico mundial.

A proposta do PGED é uma iniciativa inovadora, plenamente capacitada para responder e liderar a superação dos desafios e das dificuldades para a defesa nacional citados no início da Seção 4.1.1. Além disso, como no Brasil, em 2003, a taxa de formação de doutores (doutores formados por ano por 100 mil habitantes) era 7 vezes menor do que na Alemanha e 3 vezes menor do que na Coréia do Sul (BRASIL, 2004) e apenas 13% dos doutores formados de 2001 a 2003 vêm das áreas de engenharias e computação, enquanto na Coréia este número chega a 70%, a iniciativa deste novo programa de pós-graduação em nível de doutorado e mestrado certamente contribuirá para a superação de tamanha desvantagem por meio do desenvolvimento de capacidade necessária para neutralização da superioridade tecnológica de forças armadas de possíveis oponentes (ACOCELLA, 2006).

4.1.3 Papel do PGED na Revitalização da Indústria de Material de Defesa

Nas décadas de 1970 e 1980, o Brasil possuía uma indústria de material de defesa com grande capacidade produtiva (PINTO et al, 2004). Havia diversas empresas produtoras de materiais voltados para a atividade militar, desde uniformes a carros de combate de vários tipos e modelos, concebidos em sua grande maioria dentro das OM voltadas para o projeto e a concepção dos protótipos (CTEx, IME, e CAEx). Uma das empresas de maior êxito foi a Engesa - Engenheiros Especializados S.A. (BASTOS, 2003). Ela foi capaz de absorver o conhecimento desenvolvido no Sistema de C&T Militar, particularmente do Exército, transformando-se numa grande produtora e exportadora de caminhões militares e blindados, como o EE-9 Cascavel e EE-11 Urutu. A Engesa vendeu seus produtos a 18 países, além do Brasil, e passados mais de vinte anos, muitos deles estão em pleno uso pelo mundo. Seus conceitos ainda são relativamente modernos para os dias atuais, embora defasados tecnologicamente (BASTOS, 2003). O Grupo Engesa possuía um setor de pesquisas de engenharia e seis fábricas e chegou a faturar uma média anual de 300 milhões de dólares e a empregar diretamente 11.000 pessoas, dentre as quais 600 eram engenheiros, técnicos e projetistas. Além disso, existiam sete empresas coligadas à Engesa (Engeagro,

Transgesa, Engevídeo, Aerobrasil, Axial, Engexco e Engepeq) que atuavam tanto no desenvolvimento de materiais de defesa como de tecnologia dual.

Contudo, uma série de fatores relacionados a problemas internos e à conjuntura nacional e internacional da época, aliadas à falta de visão estratégica de alguns setores do Governo Federal, levaram a Engesa ao fechamento definitivo no início da década de 1990 (PINTO et al, 2004). Muitos projetos poderiam ter continuado, gerando empregos e divisas para o País e provendo-o com a necessária capacidade dissuasória. Porém, boa parte do conhecimento desenvolvido na Engesa foi perdida por ocasião da sua falência. Estes fatos relacionados com a Engesa se confundem, de uma forma geral, com a história da ascensão e decadência de parte da indústria de material de defesa do País.

O modelo utilizado no desenvolvimento da Engesa e da indústria de material de defesa envolveu uma estreita ligação com a academia (o IME, em particular) e com os centros de pesquisa militares (CTEx e CAEx, dentre outros). A revitalização desse setor da indústria nacional passará, como já apregoa a PDN, por caminhos semelhantes (PINTO et al, 2004). Nesse contexto, a estruturação de um programa de pós-graduação como o PGED é primordial para a formação de uma massa de recursos humanos capaz de recuperar e desenvolver conhecimentos relacionados às diversas tecnologias envolvidas nos sistemas de defesa.

Uma iniciativa relevante a destacar foi a recente criação (abril de 2006) da IETEx (BRASIL, 2007a). Instalada nas dependências do IME, tem a missão de estimular, apoiar e capacitar tecnológica e gerencialmente iniciativas empreendedoras surgidas no SCTEx, visando ao desenvolvimento de tecnologias de interesse militar e da sociedade, conforme estabelecido no PBCT.

Outras iniciativas citadas na Seção 3.3 merecem destaque. Em junho de 2006, a Câmara dos Deputados lançou a Frente Plurissetorial de Defesa das Forças Armadas que tem como uma das finalidades principais desenvolver programas de CT&I. Esta frente é composta por parlamentares do Congresso Nacional e por pessoas que participam direta e indiretamente dos setores de defesa, como órgãos do executivo, empresas e instituições da área científica. Em 2005, o MD definiu a BID (BRASIL, 2005c) a fim de estabelecer possíveis aglomerados de indústrias nacionais dedicadas à produção de bens e serviços de interesse do País. As empresas da BID, segundo o MD, geram produtos e serviços que possuem valor comercial e são fundamentais para a segurança e soberania do País. Por fim, vale ressaltar a existência, na FIESP, de um Departamento da Indústria de Defesa e de Segurança e do COMDEFESA, que é responsável pelo seu programa estratégico para a indústria de defesa e composto por 35 membros representantes de entidades, indústrias de grande porte (seus presidentes), associações de classe, órgãos governamentais, Câmara dos Deputados e Senado Federal.

Em dezembro de 2006, em visita do Ministro da Defesa ao IME, a proposta do PGED foi apresentada àquele ministério, tendo sido considerada pelo Ministro altamente relevante para o País. O PGED do IME poderá oferecer novas oportunidades ao setor industrial de defesa do Brasil, que certamente atuará em sinergia com a excelência acadêmica buscada na proposta do programa. Dessa forma, a pesquisa básica orientada para as aplicações de defesa receberá lugar de destaque dentro da nova dinâmica vigente de produção do conhecimento discutida no Capítulo 2, na qual o esforço conjunto e cooperativo entre a academia, os institutos de P&D, a indústria e outros órgãos governamentais é a chave para uma rápida transformação em direção à inovação tecnológica.

4.2 FUNDAMENTOS E OBJETIVOS DO PGED

Nesta seção, são apresentados os principais conceitos que fundamentam a proposta do PGED, assim como os seus objetivos.

Segundo BRASIL (2005b), a Defesa Nacional deve ser estruturada de modo compatível com a estatura político-estratégica do País a fim de preservar a sua soberania e os seus interesses em compatibilidade com os interesses da Região onde ele está inserido. Assim, os objetivos da Defesa Nacional emergem da avaliação do ambiente internacional, em especial do regional, ou seja do subcontinente da América do Sul e do seu entorno estratégico que extrapola a massa do subcontinente e incluiu a projeção pela fronteira do Atlântico Sul e os países lindeiros da África (BRASIL, 2005b):

> **"I** – a garantia da soberania, do patrimônio nacional e da integridade territorial;
>
> **II** – a defesa dos interesses nacionais e das pessoas, dos bens e dos recursos brasileiros no exterior;
>
> **III** – a contribuição para a preservação da coesão e unidade nacionais;
>
> **IV** – a promoção da estabilidade regional;
>
> **V** – a contribuição para a manutenção da paz e da segurança internacionais; e
>
> **VI** – a projeção do Brasil no concerto das nações e sua maior inserção em processos decisórios internacionais."

Pode-se dizer que a garantia da soberania nacional é o principal objetivo da Defesa Nacional e do alcance deste decorre o sucesso na consecução dos demais. Soberania é, segundo o DICIONÁRIO Aurélio (1999), "a propriedade que tem um Estado de ser uma ordem suprema que não deve a sua validade a nenhuma outra ordem superior". A soberania pressupõe o poder, que significa autoridade suprema, independência ou a capacidade de impor a vontade própria ou de não submeter-se à vontade alheia. Portanto, o risco à soberania de um país tem origem no desequilíbrio de poder entre nações. Com relação às Expressões de Poder de uma Nação, os altos estudos

estratégicos brasileiros (BRASIL, 2006b) consideram as seguintes: Política, Psicossocial, Econômica, Militar e Científico-Tecnológica. Dentre estas, a Expressão Militar do Poder Nacional, segundo o próprio conceito de Defesa Nacional enunciado na Seção 2.1.1, é a que, com mais ênfase, contribui para a Defesa Nacional no sentido de alcançar e manter os Objetivos Nacionais. A Expressão Científico-Tecnológica, por sua vez, permeia todas as outras e tem definido, na Era do Conhecimento, a estatura político-estratégica das nações. Conclui-se, então, que a defasagem entre as expressões científico-tecnológicas das nações é, no mundo atual, o principal fator de desequilíbrio de poder e de risco à soberania.

O PGED se fundamenta na busca do conhecimento científico-tecnológico voltado, preferencialmente, para o fortalecimento da Expressão Militar do Poder Nacional, de modo a contribuir para a consecução do Objetivo Nacional de garantia da soberania da Nação brasileira (ACOCELLA, 2008). Nesse sentido, a proposta do PGED se alinha com a seguinte orientação estratégica da PDN (BRASIL, 2005b): " [...] O fortalecimento da capacitação do País no campo da defesa é essencial e deve ser obtido com o envolvimento permanente dos setores governamental, industrial e acadêmico, voltados à produção científica e tecnológica e para a inovação. O desenvolvimento da indústria de defesa, incluindo o domínio de tecnologias de uso dual, é fundamental para alcançar o abastecimento seguro e previsível de materiais e serviços de defesa."

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa, em nível de mestrado acadêmico e doutorado, tem por objetivo:

- qualificar recursos humanos através de uma formação interdisciplinar para atuarem em atividades de ensino e pesquisa na área de engenharia;
- contribuir para a pesquisa e o desenvolvimento nacional na área de sistemas de defesa;
- produzir conhecimentos, promover sua disseminação e a consolidação das ciências envolvidas em sistemas de defesa, mediante o desenvolvimento de pesquisas básicas originais que possibilitem inovações tecnológicas;
- favorecer intercâmbios e fomentar a cooperação com outras Instituições de Ensino Superior e de Pesquisa, além de empresas públicas ou privadas que necessitem desenvolver produtos e serviços de interesse em sistemas de defesa;
- formar profissionais em condições de atuar como líderes de projetos acadêmicos e industriais em sistemas de defesa.

Neste contexto, o PGED busca capacitar profissionais com formação interdisciplinar que apresentem uma visão abrangente e diferenciada dos demais cursos de pós-graduação em engenharia, qualificando-os para a pesquisa científica de ponta e para o desenvolvimento de inovações tecnológicas em sistemas de defesa.

4.3 ATRIBUTOS RELEVANTES DO PGED

A proposta do PGED pode ser resumida nos seguintes atributos:

a) tradição e pioneirismo do IME em ensino e pesquisa;

b) inovação e caráter multi e interdisciplinar;

c) vocação natural do IME para a pesquisa e desenvolvimento em sistemas de defesa;

d) estímulo positivo na revitalização da indústria de defesa;

e) corpo docente exclusivo de doutores, mesclando experiência e juventude;

f) alinhamento às diretrizes em C&T do Exército Brasileiro;

g) estímulo à formação de recursos humanos com visão diferenciada;

h) forte potencial de atração de recursos financeiros;

i) geração de conhecimentos duais;

j) contribuição ao desenvolvimento social e integração do País.

4.4 CONDICIONANTES DO PGED

A complexidade crescente dos aparatos tecnológicos voltados para a defesa, ao envolver a integração de conhecimentos de áreas das engenharias e ciências inicialmente tão afastadas, exige uma nova abordagem para a pesquisa básica e a formação de recursos humanos em nível de pós-graduação e impõe algumas condicionantes para escolha das Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa a serem implementadas em nível *stricto sensu*.

Para fazer face a essa complexidade com um corpo docente reduzido é necessária a integração de esforços. Assim, a nova formação em nível de pós-graduação nos cursos de mestrado e doutorado e nas pesquisas básicas em ciências e engenharia para a defesa terá dois princípios fundamentais: a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade. A multidisciplinaridade vem do fato de que pesquisadores do IME, de áreas disciplinares tradicionais da engenharia e das ciências, trabalharão conjuntamente em torno de um só tema: defesa. A interdisciplinaridade diz respeito à perspectiva de que, através do trabalho conjunto, haja a transferência de métodos e ferramentas de uma área para a outra, para o avanço das fronteiras da ciência e tecnologia de interesse da defesa. Esta conceituação, aqui apresentada no contexto do programa de defesa,

foi baseada no documento de Área do Comitê Interdisciplinar da CAPES (BRASIL, 2003b) e nas definições apresentadas na Seção 2.5 (MENEZES e SANTOS, 2002).

A escolha das áreas de concentração e linhas de pesquisa do PGED foi condicionada aos seguintes aspectos principais:

- Competências estabelecidas no IME nos programas e cursos de pós-graduação disciplinares existentes (Tabela 3.1).
- Áreas de interesse do Exército estabelecidas no PBCT 2008-2011 (BRASIL, 2007a), a saber:
  - comando e controle,
  - guerra eletrônica,
  - segurança da informação,
  - apoio à Aviação do Exército,
  - blindados e veículos militares,
  - mísseis e foguetes,
  - armamento e munição,
  - optrônicos,
  - defesa química, biológica e nuclear,
  - logística, construção e meio ambiente.
- Áreas estratégicas de demanda da defesa nacional enunciadas na Concepção Estratégica do SisCTID (BRASIL, 2003a), quais sejam:
  - ambiental,
  - biomédica,
  - sistemas de armas,
  - energia,
  - espacial,
  - materiais,
  - micro e nano tecnologias,
  - tecnologia da informação,
  - telecomunicações,
- Áreas controladas pelos regimes internacionais (UN, 2004):
  - materiais e instalações de uso nuclear,

- materiais, insumos químicos, microorganismos e toxinas,
- processamento de materiais,
- eletrônica,
- computadores,
- telecomunicações e segurança de informações,
- sensores e lasers,
- navegação e aviônica,
- naval,
- sistemas de propulsão, veículos espaciais e equipamentos relacionados.

As linhas de pesquisa foram então escolhidas de forma a contemplar o maior número de temas acima enunciados, sem fugir da competência já estabelecida nos programas e cursos de pós-graduação existentes e sem perder o foco nas áreas de competência científica dos seus docentes permanentes. Pode-se dizer que o trabalho se baseou na difícil identificação da interseção desses quatro grupos de temas de interesse, considerando também as áreas eleitas como passíveis de atuação no PGED indicadas no final da Seção 3.5 e na Tabela 3.3.

Além disso, procurou-se identificar a existência de programas de pós-graduação no exterior que contemplem a área de Engenharia de Defesa ou área similar, com a finalidade de:

(i) verificar se alguma linha de pesquisa desenvolvida nesses programas poderia ser incluída com a devida adaptação às realidades do IME e do Brasil;

(ii) buscar parâmetros de excelência acadêmica no exterior, para um programa similar, compatíveis com os parâmetros de excelência preconizados pela CAPES e,

(iii) identificar possibilidades de futuros intercâmbios de pesquisadores e alunos com essas instituições, por meio de colaborações nas modalidades de pós-doutorado e doutorado sanduíche.

Foi identificada, no Reino Unido, uma proposta compatível: o *Defence College of Management and Technology*, *Defence Academy of the United Kingdom*, Cranfield *University*, Shrivenham, UK (UK, 2007). Esta instituição oferece cursos de mestrado e doutorado acadêmicos, neste último com possibilidade de estágios-sanduíche fora do Reino Unido, nas seguintes áreas: sistemas de informação, aeroespacial, eletrônica de potência e sensores, meio ambiente e materiais de emprego militar.

Para esta reconhecida escola de excelência em defesa já foram enviados, sem muita regularidade, oficiais do Exército Brasileiro para realizar cursos de pequena duração. Destaca-se que a proposta do PGED é compatível tanto no que diz respeito às áreas do programa britânico quanto na busca da excelência acadêmica por meio de publicações de artigos científicos e participações em conferências nacionais e internacionais; esta última faceta crucial na avaliação da CAPES e sem dúvida um parâmetro de medida de excelência acadêmica aceito internacionalmente. Ressalte-se, ainda, que a produção acadêmica publicada em revistas internacionais indexadas é também um importante fator dissuasório e fundamental para a PDN.

A área temática proposta é definida a partir das linhas de pesquisa que ela agrupa. As linhas de pesquisas incluídas no PGED se justificam principalmente pelos temas, já mencionados, de interesse de pesquisa básica voltadas para a defesa nacional, mas também pelos temas que elas integram, conforme a descrição detalhada apresentada nas propostas do programa encaminhadas à CAPES (PELLANDA, BORGES e RONZANI, 2006; ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008) e discutidas neste capítulo. O agrupamento de temas dentro de cada linha de pesquisa foi criteriosamente definido de forma que a pesquisa agregue diversas áreas dos programas e cursos já existentes no IME, de forma que cada uma delas seja intrinsecamente inter e multidisciplinar.

4.5 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENGENHARIA DE DEFESA

Nas últimas décadas, o mundo presenciou uma série de conflitos, nos quais ficou demonstrado o crescente aumento do nível de complexidade dos aparatos tecnológicos utilizados. O desenvolvimento desses equipamentos envolve a integração de conhecimentos científicos e tecnológicos de várias áreas das engenharias e ciências, aparentemente bastante afastadas. Além disso, as fronteiras disciplinares limitam o entendimento e a proposição de soluções abrangentes. Em face desta complexidade, exige-se uma nova concepção para formação de recursos humanos em nível de pós-graduação, baseada em princípios como a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade. Neste contexto, emerge uma proposta para a definição de Engenharia de Defesa.

***Definição 4.1**:* **Engenharia de Defesa**
Engenharia de Defesa é a área da engenharia que trata de todos os ramos relacionados à indústria de defesa e aos sistemas de defesa. É um empreendimento multi e interdisciplinar que se desenvolve em um ambiente transdisciplinar, integra conhecimentos originários de engenharias, física, química, biologia e ciência dos materiais e se configura como uma área complexa que engloba aspectos de análise e síntese relativos ao desenvolvimento, projeto, otimização, integração, certificação, avaliação,

operação e logística de sistemas aplicados à defesa. Assim, a Engenharia de Defesa integra conhecimentos de vários ramos da Engenharia e das Ciências, com foco na pesquisa básica e aplicada voltadas para o desenvolvimento de sistemas de defesa.

Os sistemas de defesa são, em seus variados aspectos, os objetos da Engenharia de Defesa e compreendem todos os aparatos tecnológicos capazes de defender uma região ou a soberania de um país frente a uma ameaça externa. Dentro da área de concentração em Engenharia de Defesa são estudados os sistemas de defesa segundo três prismas básicos: o terreno, o fluxo de informações e os sistemas de armas. Um sistema de armas é um instrumento de combate capaz de desempenhar uma missão militar operando como uma entidade singular, englobando o pessoal e todos os elementos necessários, como equipamentos, técnicas operativas, instalações e serviços de apoio (BRASIL, 2008e).

O Curso de Mestrado Acadêmico e Doutorado em Engenharia de Defesa do IME está estruturado em Área de Concentração única, homônima ao programa, e três linhas de pesquisa (ADES, BORGES e ACOCELLA, 2008): (i) Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa (CISD); (ii) Mecatrônica e Sistemas de Armas (MSA); e (iii) Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa (MSD). A seguir, são descritas as três linhas de pesquisa que compõem a Área de Concentração em Engenharia de Defesa.

4.5.1 Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa

Uma característica comum a grande parte dos modernos sistemas de defesa é a dependência, em maior ou menor escala, de subsistemas de comunicações e de tratamento da informação. Por exemplo, mísseis podem ter seu guiamento apoiado por recepção de sinais de GPS, o que envolve o uso de rádios e de funcionalidades de processamento de informações de localização geográfica. Sistemas de Comando e Controle, por sua vez, são fortemente dependentes de redes de dados e sistemas de comunicações, necessitando de diversas ferramentas de processamento e armazenamento da informação. O desenvolvimento e a operação desses sistemas de defesa exige cada vez mais a integração de conhecimentos multidisciplinares, mormente das grandes áreas de engenharias e ciências exatas e da terra. Na linha de pesquisa em Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa, em particular, são tratados temas que envolvem as subáreas de Engenharia Elétrica, Ciência da Computação e Geociências, com foco em projetos de emprego integrado desses conhecimentos em sistemas de defesa.

Esta linha de pesquisa engloba, portanto, projetos ligados a comunicações militares e aspectos científicos e tecnológicos na obtenção, análise, processamento e emprego de dados para geração de subsídios às ações de inteligência dos órgãos ou

agentes de defesa. Ainda no escopo da linha se enquadram os aspectos de integração das soluções que envolvem eletrônica (em especial voltada para comunicações) e tratamento da informação nos sistemas de armas e outros sistemas de defesa. Parte das pesquisas desenvolvidas neste contexto se apóia em estudos de modelagem de problemas ou dispositivos complexos, bem como em simulações numéricas de desempenho e funcionamento de sistemas.

Dentre os temas de pesquisas no escopo desta linha de pesquisa destacam-se: modernização de rádios HF (do inglês, *High Frequency*) para comunicações militares, tecnologias ópticas (confinadas e de espaço livre) para redes estratégicas, ferramentas computacionais e infra-estrutura de redes de telecomunicações para apoio a ações de Comando, Controle, Comunicações e Inteligência (C3I), dispositivos e técnicas para Guerra Eletrônica e processamento de sinais de voz com foco em Segurança da Informação.

4.5.2 Mecatrônica e Sistemas de Armas

Um dos elementos fundamentais dos sistemas de defesa são os sistemas de armas. A concepção, o projeto, a fabricação e o emprego tático dos sistemas de armas necessita de uma visão global dos sistemas de defesa, tanto no que diz respeito ao fluxo de informações, quanto às características do teatro de operações que determinarão seu modo de emprego.

O desenvolvimento de sistemas de armas modernos requer o conhecimento multidisciplinar e concorrente de diversas áreas, especialmente de sistemas mecânicos e eletrônicos, daí a denominação Mecatrônica, além de outros, como por exemplo a química, no que se refere às reações altamente exotérmicas envolvidas em processos de propulsão de mísseis e foguetes.

As diversas etapas da concepção de um sistema de armas são contempladas nas pesquisas da linha Mecatrônica e Sistemas de Armas, sejam nos aspectos mais abrangentes, sejam naqueles mais específicos como o controle de um veículo aéreo não-tripulado ou o planejamento de sua missão. Embora o foco desta linha de pesquisa seja a mecatrônica envolvida em Sistemas de Armas, vários aspectos desenvolvidos nas demais linhas de pesquisa são importantes para integrar esses equipamentos em um Sistema de Defesa típico. Neste contexto, podem ser citados, por exemplo, os projetos de reconhecimento das características específicas do terreno do teatro de operações, de comunicações e de fluxo de informações com o centro de comando e controle da missão.

Nesta linha de pesquisa são desenvolvidos projetos e pesquisas nas áreas de armamento, mecânica estrutural, sistemas de controle automático, navegação geodésica global e inercial, guiamento, dinâmica de sistemas, instrumentação, processa-

mento de sinais, filtragem, propulsão, balística e demais assuntos correlatos, o que naturalmente envolve profissionais de várias áreas de engenharia como mecânica, eletrônica, computação, cartografia, química e outras.

4.5.3 Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa

Os sistemas de defesa envolvem vários fatores e agentes, constituindo-se num tema bastante complexo. A total compreensão desta sinergia passa necessariamente pelas ferramentas de modelagem e simulação. Os modelos são construídos a partir das equações fundamentais ou de dados experimentais, com o objetivo de melhor compreender fenômenos, equipamentos e sistemas. Contudo, os modelos geram sistemas de equações, cujas soluções exigem o conhecimento de métodos matemáticos analíticos e numéricos.

A linha de pesquisa em Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa lida com o emprego de métodos numéricos e modelos matemáticos, algoritmos computacionais avançados e computação de alto desempenho para investigar aspectos fundamentais de fenômenos físicos, químicos, biológicos e geográficos relacionados aos sistemas de defesa pesquisados nas outras duas linhas de pesquisa do PGED.

Os projetos tratados nesta linha envolvem desenvolvimentos metodológicos e aplicações de fluidodinâmica computacional, computação gráfica e visão computacional em sistemas de defesa, tais como sistemas de comando e controle, jogos de guerra, visualização de cenários hostis com dispersão de gases tóxicos na atmosfera, por exemplo, entre outros.

As aplicações de computação gráfica poderão ser utilizadas para a modelagem da superfície terrestre, importante tanto para o desenvolvimento de sistemas de comando e controle como para o guiamento de mísseis ou qualquer outra simulação que envolva a defesa do território e informações georreferenciadas. Ao abordar temas de pesquisa relacionados às outras duas linhas, esta linha de pesquisa assume um caráter fortemente interdisciplinar e integrador no PGED.

Esta linha de pesquisa realiza pesquisa básica e aplicada contemplando vários elementos de um Sistema de Defesa, com destaque nos seguintes assuntos: modelagem digital de superfícies, visualização de cenários virtuais, processamento e interpretação de imagens, representação de fenômenos de limites indeterminados, representação gráfica de fenômenos, navegação e posicionamento, simulação e análise de desempenho de sistemas de comunicações estratégicos e táticos, projeto e análise do comportamento eletromagnético de antenas e de circuitos de Radiofreqüência (RF) e microondas, avaliação e simulação do comportamento de sistemas de armas, bem como simulação de fenômenos que envolvam defesa e segurança pública.

4.6 CARACTERIZAÇÃO DA INTER E MULTIDISCIPLINARIDADE

Todo o corpo docente do PGED possui titulação em nível de doutorado em diversas áreas do conhecimento, de acordo com o quadro apresentado na Tabela 4.1 e Figura 4.1. As formações diversificadas dos membros do corpo docente, coerentes com a proposta de um programa inter e multidisciplinar, aliada ao fato de que 20 dos 23 docentes permanentes já atuam em outros programas de pós-graduação do IME, caracteriza um aumento da integração intra-institucional. O próprio Comitê Interdisciplinar da CAPES evidencia esta necessidade quando menciona as características de um curso interdisciplinar (BRASIL, 2003b, p. 4): "[...] O corpo docente deve ter uma formação disciplinar diversificada mas coerente com as áreas de concentração, linhas ou projetos de pesquisa integradores."

Na Tabela 4.2 e na Figura 4.2, são apresentados dados sobre a distribuição no tempo das titulações dos docentes. Observa-se que o quadro docente mescla professores titulados recentemente com outros mais experientes: aproximadamente 60% obtiveram o título de doutor nos últimos 10 anos. O programa conta com pesquisadores maduros cientificamente: todos os membros do corpo docente, exceto dois, possuem experiência na orientação de mestrado, totalizando 185 dissertações orientadas; quatro docentes têm experiência na orientação de doutorado, totalizando treze teses orientadas. Além disso, a publicação de artigos científicos em periódicos qualificados é muito boa em quantidade e bem distribuída entre os docentes: no período de 2005 a 2007 foram contabilizados em torno de 60 artigos (a maior parte publicada em periódicos internacionais) distribuídos entre 17 docentes autores. Por outro lado, a juventude de boa parte dos docentes indica boas perspectivas de continuidade. Existe também o potencial de incorporação de novos professores doutores ao PGED. O motivo para isto é que o PGED, assim como todos os outros programas de pós-graduação do IME, conta com militares como professores e pesquisadores. No PGED, por exemplo, aproximadamente 30% dos professores são militares e com menos de 10 anos de titulação. Apesar da perspectiva de transferência desses professores, eles normalmente são selecionados entre os de melhor desempenho acadêmico-científico em seus estudos de pós-graduação e apresentam um grande potencial de produção científica, se dedicados exclusivamente à docência e à pesquisa.

Outro ponto a ser destacado é o baixo índice de endogenia na formação do corpo docente do PGED. Os 23 professores foram titulados por 14 diferentes universidades, sendo 8 estrangeiras (3 no Reino Unido, 2 na França, 1 na Alemanha, 1 nos Estados Unidos e 1 no Japão).

A dedicação prevista de todos os docentes permanentes ao programa é de 20 horas. No entanto, a existência de um núcleo de docentes permanentes que se dedique somente a este programa é fundamental para a garantia da sua consolidação e vai se

Tabela 4.1: Número de docentes por área disciplinar

Área	Número de docentes
Engenharia Mecânica	5
Engenharia Elétrica	5
Engenharia Química	1
Telecomunicações	6
Física	1
Geodésia	1
Geociências	1
Ciência da Computação	3
Total	**23**

Fonte: ADES, BORGES e ACOCELLA (2008)

configurar assim que o curso de doutorado obtiver o credenciamento junto à CAPES.

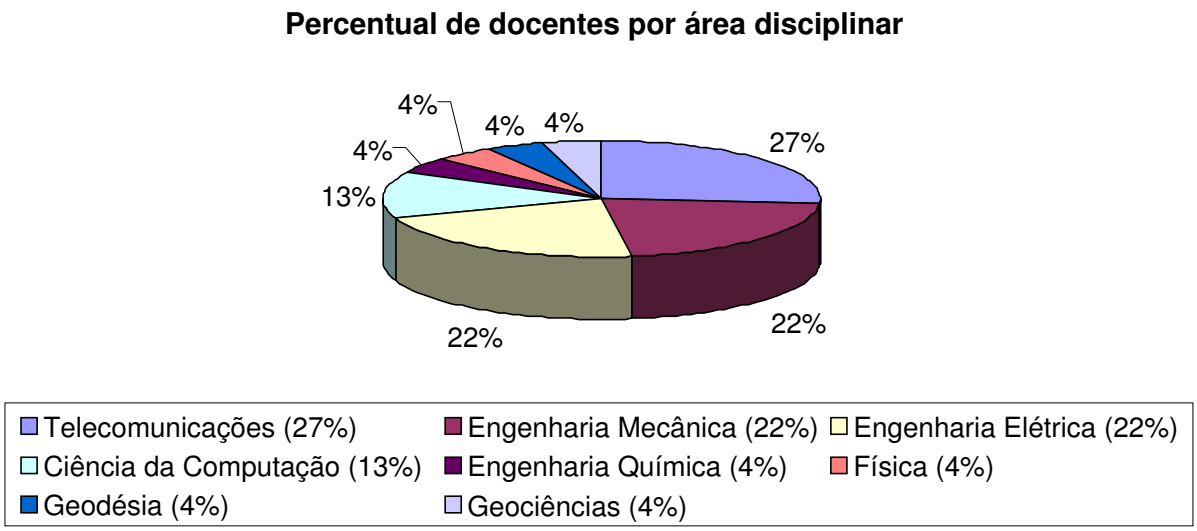


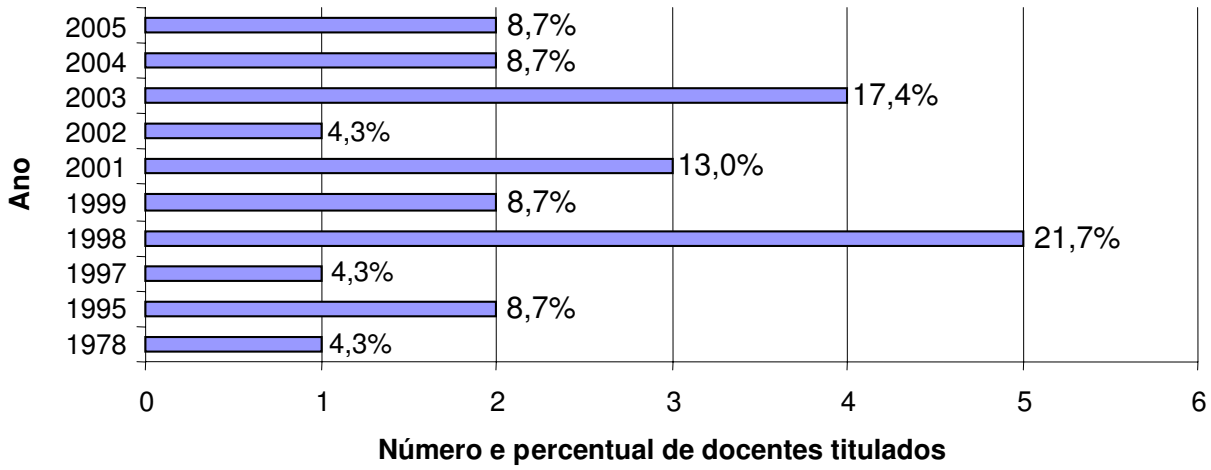
Figura 4.1: Percentual de docentes do PGED por área disciplinar

Para favorecer a inter e multidisciplinaridade exigida pela área de Engenharia de Defesa, na estruturação do PGED foi levada em consideração a convergência, em cada linha de pesquisa, de mais de duas áreas do conhecimento existentes nos atuais cursos e programas do IME. Desta forma, busca-se contribuir para o avanço das fronteiras da ciência por meio da transferência de métodos de uma área para a outra. O intuito é de criar condições para a geração de novos conhecimentos e novas disciplinas e de formar mestres e doutores em ciências e engenharia com um novo perfil profissional, por meio de uma formação de base sólida e integradora e voltada aos assuntos de interesse da defesa. Além disso, os projetos de pesquisa integradores deverão também ter uma forte componente dual de forma a englobar futuras aplicações no meio civil, facilitando a busca de fontes de fomento externas ao Exército e aumentando o interesse de candidatos não pertencentes às Forças Armadas.

Tabela 4.2: Número de docentes titulados por ano

Ano	Número de docentes titulados
1978	1
1995	2
1997	1
1998	5
1999	2
2001	3
2002	1
2003	4
2004	2
2005	2
Total	**23**

Fonte: ADES, BORGES e ACOCELLA (2008)



Fonte: ADES, BORGES e ACOCELLA (2008)

Figura 4.2: Número e percentual de docentes titulados por ano

As Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 mostram as interseções entre as linhas de pesquisa do PGED e as áreas de concentração e linhas de pesquisa dos cursos e programas de pós-graduação disciplinares do IME, as áreas de interesse do Exército e as Áreas Estratégicas de Demanda da Defesa Nacional, respectivamente. As posições marcadas com "**x**" indicam que as linhas ou áreas possuem temas de pesquisa comuns ou de aplicação mútua: uma marca significa baixa interseção; marcas duplas significam interseção moderada; e marcas triplas significam interseção forte. Observam-se nitidamente os aspectos multi e interdisciplinares do programa proposto.

As Figuras 4.3 a 4.6 apresentam indicadores do grau de integração entre as diferentes linhas e áreas de pesquisa, calculados com base nos dados das três tabelas anteriores, para melhor visualização e interpretação. Os índices de interseção foram calculados dividindo-se o número de posições marcadas (número de "**x**") pelo número

máximo de posições (número de claros mais o número de "**x**") em cada caso.

Com relação à Figura 4.3, pode-se perceber que as áreas de Computação e Engenharias Elétrica, Mecânica e Cartográfica são as que mais participaram da estruturação do PGED. As quatro áreas restantes, no entanto, têm possibilidade de contribuir para as linhas de pesquisa já implementadas no PGED, bem como de compor novas linhas.

A Figura 4.4 mostra que o PGED têm forte capacidade de contribuir para a formação de recursos humanos para os Grupos Finalísticos de Comando e Controle, Mísseis e Foguetes, Apoio à Aviação do Exército e Blindados e Veículos Militares. Os grupos de Guerra Eletrônica, Segurança da Informação e Armamento e Munição têm grau de interseção moderada com o PGED, porém forte com algumas linhas específicas (ver Tabela 4.4). Os demais grupos (Optrônicos; Defesa Química, Biológica e Nuclear; e Logística, Construção e Meio Ambiente) possuem uma fraca interseção com o PGED e representam possibilidades de expansão do programa ou de formação de outro programa interdisciplinar, uma vez que fazem parte do conjunto de competências da pós-graduação disciplinar do IME.

O grau de interseção entre as áreas de interesse da defesa e o PGED são mostrados na Figura 4.5. As áreas mais ligadas ao PGED são as de Sistemas de Armas e Telecomunicações e as menos são Energia, Biomédica, Ambiental e Micro e Nanotecnologia. No entanto, a pós-graduação disciplinar do IME tem competências bem estabelecidas nas áreas de Energia (fontes alternativas) e Ambiental (meio ambiente e recursos hídricos), com possibilidades de atuar também na área Biomédica (mais especificamente em Bioengenharia, Sistemas de Controle, Processamento de Sinais e Robótica).

As Figuras 4.6-a e 4.6-b condensam as informações relativas à interseção entre as três linhas de pesquisa do PGED e as três áreas de interesse (competências da pós-graduação disciplinar do IME, áreas de interesse do Exército e da Defesa), sendo uma figura a transposição da outra. Nota-se, na Figura 4.6-a, que as áreas de interesse do Exército (Grupos Finalísticos do PBCT) são as mais privilegiados pelo PGED. Por outro lado, nem todas as áreas disciplinares da pós-graduação do IME contribuem para o PGED, por isso um grau médio de interseção. Por último, com grau mais baixo de interseção com o PGED vêm as áreas da Defesa, por serem mais abrangentes e por ter sido dada prioridade àquelas que também são de interesse mais direto do Exército, tais como, Sistemas de Armas, Telecomunicações e Tecnologia da Informação, estas duas últimas integrando o grupo de Comando e Controle do PBCT. A Figura 4.6-b indica que a linha de pesquisa em Modelagem e Simulação é a mais inter e multidisciplinar, seguida pela linha em Mecatrônica e Sistemas de Armas e, depois, pela linha em Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa. Contudo, todas as linhas têm características fortes de inter e multidisciplinaridade quando se leva em conta as

áreas disciplinares de competência do IME e as áreas de interesse da Defesa e do Exército.

A interdisciplinaridade é também estimulada pela liberdade que os orientadores e alunos do PGED têm para escolher o conjunto de disciplinas mais adequado aos perfis discentes e aos dos seus projetos de pesquisa. Ou seja, as disciplinas são do programa e não das linhas de pesquisa. Contudo, as disciplinas foram inicialmente concebidas a partir das linhas de pesquisa propostas. Em função do caráter multidisciplinar e interdisciplinar dos cursos, algumas disciplinas poderiam naturalmente compor mais de uma linha de pesquisa. Entretanto, é possível separar de forma natural as disciplinas de acordo com as linhas de pesquisa, conforme indica a Tabela 4.6.

Tabela 4.3: Linhas de pesquisa do PGED e das áreas disciplinares

Programas e Cursos Disciplinares	Áreas de Concentração	Linhas de Pesquisa	PGED Linhas de Pesquisa		
			C I S D	M S A	M S D
Ciência dos Materiais	Propriedades Físicas dos Materiais	Materiais eletrônicos	x	x	x
	Comportamento Mecânico dos Materiais	Materiais Cerâmicos		x	x
		Materiais Metálicos		x	x
		Materiais Conjugados e Poliméricos		x	x
Química	Química Orgânica	Síntese Orgânica			
		Espectrometria			x
	Físico-Química	Catálise			x
		Modelagem Molecular			xxx
		Combustão e Materiais Energéticos		xxx	xx
Engenharia Elétrica	Sist. Eletrônicos de Defesa e Comunicações	Eletromagnetismo Aplicado	xxx	x	x
		Automação e Controle	x	xxx	xxx
		Processamento de Sinais	xxx	xxx	xx
Engenharia Mecânica	Mecânica dos Sólidos	Projetos Mecânicos		xxx	xxx
	Termociências	Termofluidodinâmica		xxx	xxx
Engenharia de Transporte	Planejamento e Operação de Transportes	Planejamento de Transportes			x
		Operação de Transportes	x		
		Infra-estrutura para Transportes			x
Sistemas e Computação	Computação Básica, Algoritmos e Linguagens	Algoritmos e Linguagens	xx	xx	xxx
	Tecnologias e Sistemas de Computação	Tratamento e Transmissão da Informação	xxx	xx	xxx
Engenharia Nuclear	Instalações Nucleares	Reatores Nucleares		xx	xx
		Controle Ambiental	x		x
Engenharia Cartográfica	Tecnologia da Informação Geográfica	Imageamento Digital	xxx	x	xxx
		Modelagem e Representação Terrestres		xx	xxx

Tabela 4.4: Linhas de pesquisa do PGED e áreas de interesse do Exército (PBCT)

PBCT **Grupos Finalísticos**	**PGED** **Linhas de Pesquisa**		
	C I S D	**M S A**	**M S D**
Comando e Controle	**XXX**	**XXX**	**XXX**
Guerra Eletrônica	**XXX**	**X**	**X**
Segurança da Informação	**XXX**	**X**	**X**
Apoio à Aviação do Exército	**XX**	**XX**	**XXX**
Blindados e Veículos Militares	**X**	**XXX**	**XXX**
Mísseis e Foguetes	**XX**	**XXX**	**XXX**
Armamento e Munição		**XXX**	**XX**
Optrônicos	**X**	**X**	**X**
Defesa Química Biológica e Nuclear		**X**	**X**
Logística, Construção e Meio Ambiente	**X**		**X**

Tabela 4.5: Linhas de pesquisa do PGED e áreas de interesse da Defesa

Áreas Estratégicas de Demanda da Defesa	**PGED** **Linhas de Pesquisa**		
	C I S D	**M S A**	**M S D**
Ambiental			**X**
Biomédica			**XX**
Sistemas de Armas	**XXX**	**XXX**	**XXX**
Energia		**X**	**XX**
Espacial	**X**	**XX**	**X**
Materiais	**X**	**XX**	**XX**
Micro e Nanotecnologia			**X**
Tecnologia da Informação	**XXX**	**X**	**X**
Telecomunicações	**XXX**	**XX**	**X**

Tabela 4.6: Grupos de disciplinas do PGED

Grupos	Disciplinas
Gerais	Ciência e Tecnologia em Sistemas de Defesa
	Metodologia da Pesquisa Científica
Básicas	Matemática Aplicada
	Probabilidade, Estatística e Processos Estocásticos
	Programação de Computadores
	Métodos Numéricos
Comunicações e Inteligência em Sistemas de Defesa	Comunicações Ópticas para Defesa
	Detecção e Estimação
	Filtragem Digital
	Guerra Eletrônica
	Sinais e Sistemas
	Sistemas de Comunicações Digitais
	Processamento de Imagens
	Redes Militares
Mecatrônica e Sistemas de Armas	Automação
	Controle Avançado
	Controle de Sistemas Dinâmicos
	Mísseis e Foguetes
	Navegação
	Robótica
	Projeto de Sistemas de Armas
Modelagem e Simulação em Sistemas de Defesa	Banco de Dados e Sistemas de Informação Geográfica
	Computação Gráfica e Modelagem Digital de Superfícies
	Inteligência Computacional Aplicada
	Modelagem Terrestre
	Otimização
	Termodinâmica com Aplicação em Sistemas de Armas
	Termofluidodinâmica

Fonte: ADES, BORGES e ACOCELLA (2008)

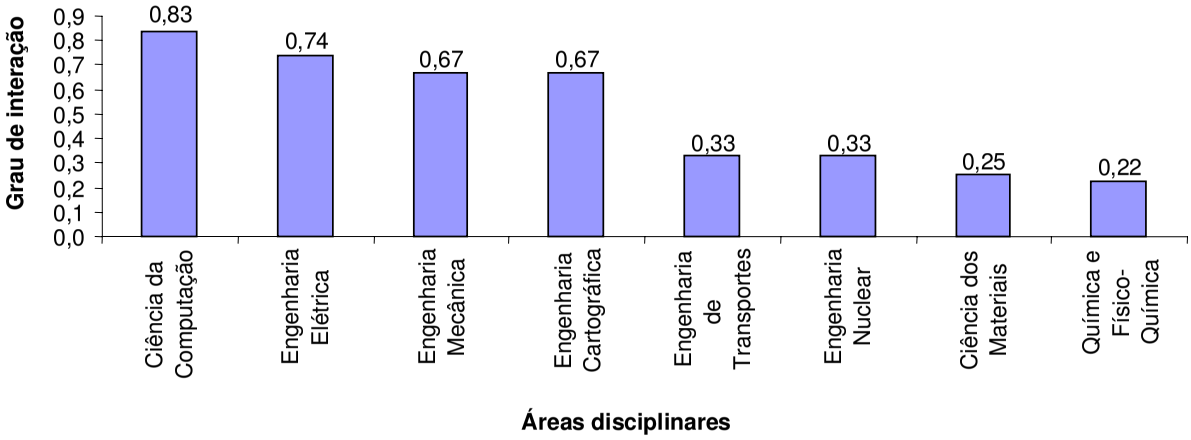


Figura 4.3: Grau de interseção entre as áreas disciplinares e o PGED

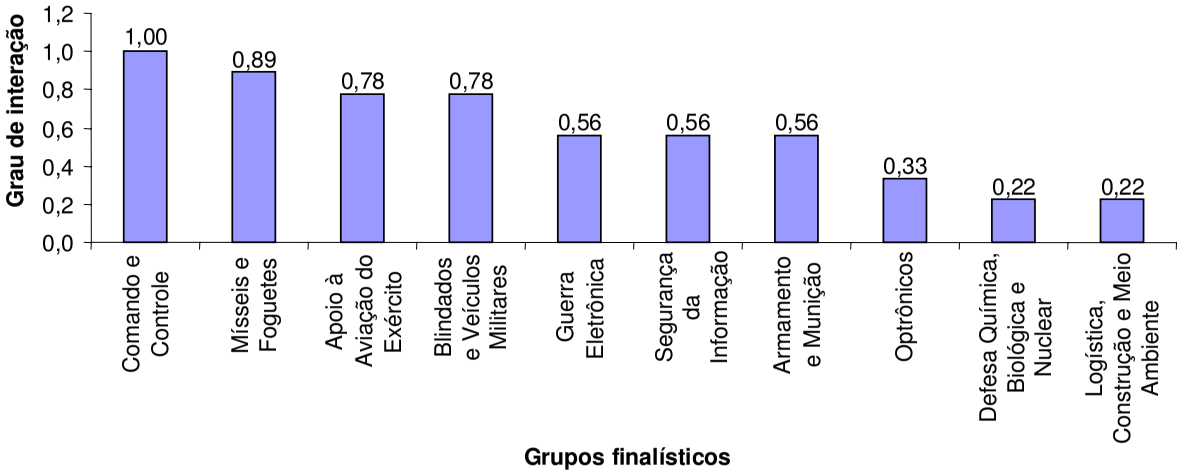


Figura 4.4: Grau de interseção entre as áreas do PBCT e o PGED

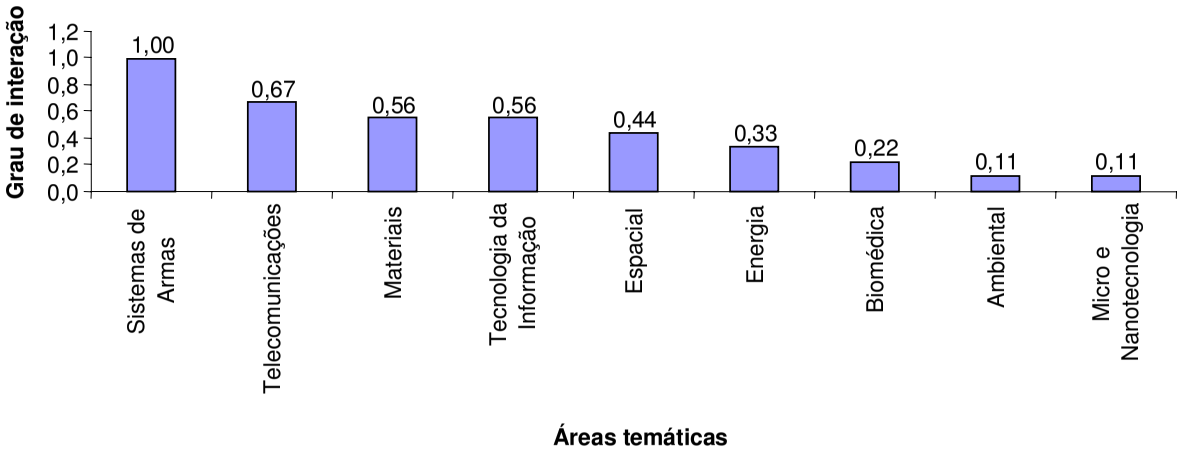
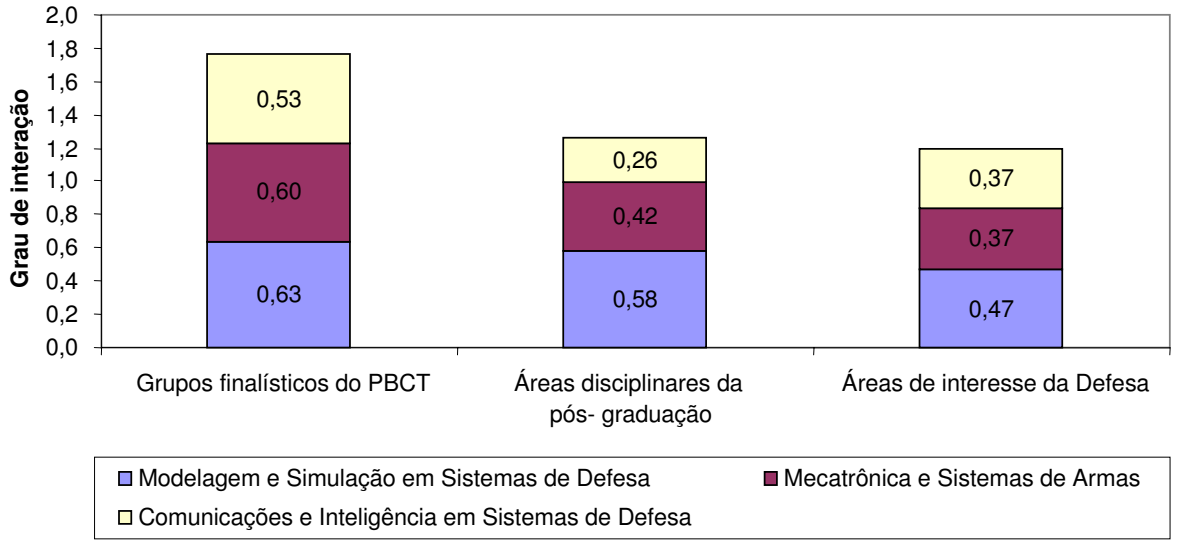
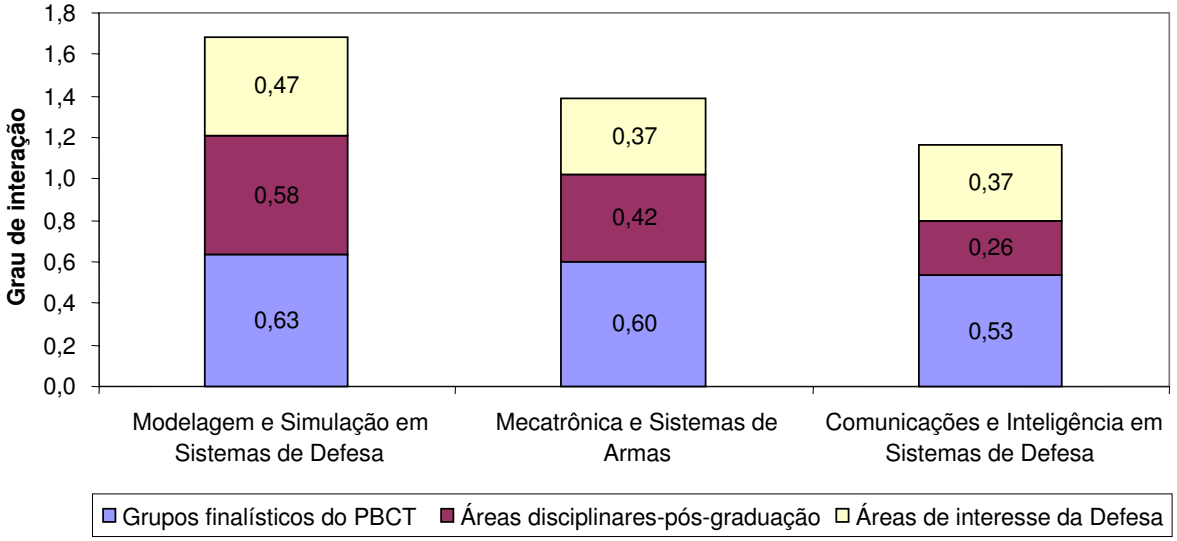


Figura 4.5: Grau de interseção entre as áreas de interesse da Defesa e o PGED



(a)



(b)

Figura 4.6: Grau de interseção entre o PGED e as demais áreas

5 CONCLUSÕES

5.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho objetivou estabelecer bases conceituais para a estruturação da pesquisa no âmbito do novo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa do IME, com a finalidade de melhor integrar e direcionar esforços para a pesquisa básica e a formação de mestres e doutores nessa área e, em particular, nas áreas científico-tecnológicas de interesse do Exército.

O Capítulo 2 apresentou um levantamento crítico da bibliografia, em nível nacional e internacional sobre relações entre a ciência básica e a inovação tecnológica, estratégias de ensino e pesquisa, dinâmicas atuais da ciência e da pesquisa para a produção de conhecimentos, formas de medidas de benefícios da pesquisa científica, processos decisórios nos sistemas de ensino e pesquisa e o papel da Universidade no desenvolvimento tecnológico, particularmente naquele voltado para a Defesa. Foram discutidos, especialmente, processos de ensino e de produção do conhecimento baseados na inter, multi e transdisciplinaridade e caracterizada a área de Defesa Nacional como um objeto transdisciplinar.

Neste contexto, a interdisciplinaridade emergiu como a característica que mais favorece a estruturação de um curso de pós-graduação em Engenharia de Defesa pelo enriquecimento dos processos de ensino/aprendizagem e de produção e transferência do conhecimento que ela proporciona, onde a pesquisa básica orientada para as aplicações relevantes deve receber lugar de destaque dentro de uma nova dinâmica vigente de produção do conhecimento, reconhecida pela literatura científica. Outros elementos que se apresentam nesta dinâmica são o gerenciamento e auditagem da pesquisa e o desenvolvimento conjunto e cooperativo entre a academia, os institutos de P&D e a indústria, consideradas as questões da transferência de tecnologia, dos direitos de propriedade intelectual e da gestão do conhecimento. Foi observado também que o modelo de P&D em defesa adotado nos EUA inclui um plano de pesquisa básica e tende a se adaptar a estas características como forma de alcançar uma transformação rápida e eficiente do conhecimento científico para a inovação tecnológica.

No Capítulo 3, a conjuntura atual da pós-graduação *stricto sensu* do IME foi discutida e analisada com base em documentos anteriores. Levou-se em conta as conjunturas externa e interna ao IME, ou seja, o seu posicionamento nos contextos do

SNCT, do SisCTID e do SCTEx, como também no âmbito do próprio IME. Foram apresentadas as principais oportunidades e ameaças provenientes do âmbito externo, assim como apontados, sob a ótica interna, os pontos fortes e as oportunidades de melhoria. Com base nessa análise, foram discutidas algumas alternativas e propostas para a melhoria da pós-graduação do IME, com vistas à sua valorização e ao seu maior reconhecimento junto àqueles sistemas. Verificou-se que diversas ações já estão sendo planejadas ou implementadas no IME, em consonância com as idéias e tendências levantadas no Capítulo 2, e que o PGED se apresenta como uma alternativa viável no novo contexto do Instituto, em que a pós-graduação passa a ser considerada prioridade institucional e verdadeiro elemento de consecução dos seus objetivos estratégicos maiores.

Os aspectos principais da contextualização, fundamentação, conceito, objetivos e estrutura do PGED são apresentados no Capítulo 4 e são baseados primordialmente nos documentos originais de sua proposta. Buscou-se, no entanto, aprimorar e consolidar as informações por meio da formulação de uma linha de raciocínio lógica e contextualizada, vinculando-as às suas origens, mas sem perder o foco na conjuntura atual do ensino de pós-graduação do IME e de um novo paradigma de produção do conhecimento. Outra contribuição desse capítulo foi a formalização, com base nos preceitos argumentados no Capítulo 2, de uma definição para Engenharia de Defesa. Na caracterização e análise da multi e interdisciplinaridade da estrutura atual da área temática e das linhas de pesquisa do PGED, verificou-se que estas atendem parcialmente as necessidades de produção do conhecimento em nível *stricto sensu* e de transferência de tecnologia para a consecução dos objetivos do SCTEx preconizados no PBCT. Constatou-se que algumas áreas de pesquisa de interesse do Exército e da Defesa são pouco contempladas pelo PGED no que se refere à produção do conhecimento e à formação de recursos humanos pós-graduados, ao mesmo tempo em que nem toda a capacidade do IME é explorada pelo PGED (Seção 4.6). Isso evidencia um alto potencial de expansão do programa, que poderá se concretizar com a aglutinação de docentes pesquisadores de todos os diferentes programas/cursos de pós-graduação do Instituto.

5.2 PERSPECTIVAS

Além das propostas de melhorias no âmbito do IME e do PGED, apresentadas na Seção 3.5 e no Capítulo 4 como um todo, algumas perspectivas de mudanças adicionais se apresentam tanto no campo interno quanto externo ao Instituto e merecem a dedicação de estudos suplementares.

A estrutura do PGED não deve ser estática, não só em virtude de o programa estar ainda em formação, mas também devido ao dinamismo das transformações às quais

os ambientes de pesquisa nos campos de C&T estão sujeitos atualmente. Assim, novos estudos se fazem necessários para aperfeiçoá-la no sentido de buscar uma maior efetividade na produção e transferência de conhecimento. Em termos de novas linhas de pesquisa em outras áreas de concentração que contemplem também o SNCT e o desenvolvimento nacional, por exemplo, podem ainda ser identificadas algumas áreas de competência do IME com potencial de agregação ao PGED ou de formação de outro programa interdisciplinar, tais como: energia (geração e transmissão de energia elétrica, reatores nucleares e combustíveis renováveis), materiais, bioengenharia, propelentes, logística e transporte, estruturas, meio ambiente e recursos hídricos (Seção 3.3). Essas áreas de interesse dual oferecem boas perspectivas de fomento industrial e de pesquisa, indicando possíveis direcionamentos para a pós-graduação do IME, em um contexto interdisciplinar.

Com base na fundamentação apresentada no Capítulo 2 e tendo em vista o ambiente complexo e interdisciplinar em que os projetos de P&D na área de Engenharia de Defesa são conduzidos, há que se analisar também as deficiências da estrutura atual do PGED em termos de ausência de outras áreas passíveis de serem julgadas essenciais ao SCTEx. Neste sentido, uma breve análise indica que o PGED, assim como o IME e o SCTEx, carecem de competências na área de Gestão de C&T, incluindo Engenharia de Sistemas, Gestão de Projetos de Grande Porte, Prospecção Tecnológica e Gestão do Conhecimento. Investimentos na formação de recursos humanos nessa área e a sua posterior inserção como área temática do PGED, seja em nível *stricto* ou *lato sensu*, melhorariam sobremaneira a sua capacidade de integrar esforços para a P&D no SCTEx. Uma análise mais global e profunda nesta direção certamente indicará outras deficiências em áreas de competência julgadas primordiais.

A estruturação do SCTEx foi concebida sob influência das idéias do paradigma do Pós-Guerra que dissociava a pesquisa científica básica da pesquisa aplicada. Assim, estabeleceu-se que aquela seria atribuição do IME e esta seria exclusividade do CTEx. A estrutura do SCTEx, bem como o seu processo de planejamento, execução e controle da pesquisa e do desenvolvimento, não obstante as mudanças e incentivos recentemente implementados pelo DCT, atendem parcialmente as necessidades atuais de produção do conhecimento e de transferência de tecnologia para o cumprimento dos seus objetivos, uma vez que ainda carece de mecanismos mais efetivos para o estabelecimento de:

- objetivos estratégicos claros para a pesquisa básica (ou pesquisa básica inspirada pelo uso);
- integração de esforços entre o IME, CTEx, CAEx, outros órgãos do sistema, incluindo a IETEx e os NIT, e o setor industrial;
- métricas adequadas para a auditagem da pesquisa.

Neste contexto, é objeto de investigação futura a análise de viabilidade das seguintes propostas:

- Criação de uma Diretoria de Ensino, Pesquisa e Inovação, que seria incumbida do planejamento estratégico e do controle dos processos nessas áreas, no âmbito do DCT. A nova Diretoria seria o órgão intermediário entre o IME, CTEx e CAEx (e outros a serem definidos) e o DCT, possivelmente encabeçando a componente horizontal de uma efetiva organização matricial.

- Inclusão, nos planos de investimento, de um Plano de Pesquisa Básica ligado aos objetivos de P&D do PBCT (com viés maior para a pesquisa básica orientada) e às previsões e prospecções tecnológicas do SINPRETEC (com foco maior na pesquisa básica pura). O plano deve priorizar políticas pró-ativas (ou *top-down*), em lugar de políticas essencialmente reativas (ou *bottom-up*), sem contudo descartar totalmente a condução da pesquisa básica por um processo competitivo, pelo qual pesquisadores individuais ou grupos de pesquisa submeteriam propostas de projetos de pesquisa para concorrer a financiamentos, bolsas e apoio à infra-estrutura.

- Criação de um processo de auditagem da pesquisa nos moldes daquele proposto pelo DoD (Seção 2.4.1), que utiliza qualidade, relevância e desempenho como métricas diretivas para os critérios de investimento em programas ou projetos de pesquisa básica. Outras referências (DAGNINO e GOMES, 2003; CARNEIRO JÚNIOR, 2003; VIOTTI, 2003; ROCHA, 2004; RAND, 2006) também fornecem subsídios para a consolidação de um sistema de métricas e indicadores de CT&I que norteiam a formulação e a avaliação de políticas para a área e permitem o acompanhamento e a avaliação dos esforços e resultados obtidos. Não se deve esquecer, contudo, que métricas convencionais não mostram necessariamente a efetividade da transferência de tecnologia e como as necessidades do combatente estão sendo atendidas. Deve-se também levar em conta as características que demonstram a capacidade de um programa de pesquisa de contribuir para o sistema a que pertence. Neste aspecto, um ponto interessante a ser avaliado, com o andamento de um Plano de Pesquisa Básica, são os indicadores do real grau de integração entre as diferentes linhas e áreas de pesquisa do PGED e os projetos de desenvolvimento tecnológico do PBCT (similares aos propostos na Seção 4.6 e ilustrados nas Figuras 4.3 a 4.6), a serem calculados com base na efetiva participação de pesquisadores do PGED nos projetos e, no sentido inverso, na contribuição de pesquisadores dos projetos na formação de recursos humanos pelo PGED. Além disso, nos processos de avaliação, devem participar agentes dos diversos órgãos do SCTEx.

– Criação de um Escritório de Projetos sob subordinação da nova Diretoria de Ensino, Pesquisa e Inovação, que teria a responsabilidade de gerência dos programas e projetos do PBCT e do Plano de Pesquisa Básica e da matricialidade do processo de P&D do SCTEx, contribuindo para uma efetiva integração do sistema, principalmente entre os pesquisadores do IME e do CTEx, no que se refere à pesquisa básica orientada. As atividades neste campo especificamente determinariam a interseção entre o PGED e o CTEx, em que o foco seria o compartilhamento de informações e competências, envolvendo pessoal e instalações. Hoje, as funções de gerência do PBCT são desempenhadas primordialmente pelo CTEx, em detrimento das atividades de pesquisa aplicada. O Escritório seria também mais um elo entre o SCTEx, o meio industrial e outros órgãos eventuais do sistema atrelados a projetos de desenvolvimento. Das condicionantes do PGED, apresentadas na Seção 4.4, as competências estabelecidas no IME, nos programas e cursos de pós-graduação disciplinares existentes, determinam um limitante superior para o número de suas áreas temáticas e linhas de pesquisa. Com o modelo aqui proposto, esse limite seria ampliado pela participação, no programa, dos pesquisadores do CTEx e, possivelmente, de outros órgãos do SCTEx. Esses pesquisadores participariam de orientações de teses e dissertações e ministrariam disciplinas e seminários de caráter mais tecnológico e doutrinário, enriquecendo os currículos das disciplinas e colaborando com o aumento da percepção transdisciplinar dos alunos. O CTEx, incumbido da pesquisa aplicada (que incluiria a pesquisa básica orientada, conforme a Figura 2.1) e pelo desenvolvimento experimental, se beneficiaria também com a incorporação do corpo docente e discente do PGED nos seus projetos de pesquisa. O IME não descartaria a pesquisa básica pura, essencial para o aumento das fronteiras do conhecimento, para a manutenção de padrões científicos elevados e para assegurar que o programa de C&T contemple futuras capacidades de combate. Esta reestruturação exigiria uma redefinição dos objetivos institucionais de alguns órgãos do DCT, notadamente do IME e do CTEx.

– Criação de mecanismos de integração com os sistemas de C&T da Marinha e da Força Aérea, particularmente com o Instituto de Pesquisas da Marinha e com o Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. No que concerne ao IME e ao PGED, seria interessante o estabelecimento de uma parceria com o ITA, com a finalidade de explorar as complementaridades dos programas de pós-graduação.

Um sistema assim concebido aumentaria também as possibilidades de captação de recursos de outras fontes de fomento à pesquisa para fazer face às enormes necessidades tecnológicas futuras da Força Terrestre e da Defesa Nacional. Uma combinação de esforços de pesquisa intra e extra-muros – com estreito acompanhamento

e gerenciamento – é necessária para resolver os imensos desafios tecnológicos que se apresentam para o futuro.

Finalmente, é difícil prever com maior precisão quais as implicações futuras ao SCTEx e ao SisCTID da criação do PGED e de uma possível reestruturação mais abrangente da pós-graduação do IME. No entanto, existem momentos paradoxalmente de crises e oportunidades, em que decisões ousadas, amparadas em diagnósticos realistas, amplos e imparciais e em planejamentos estratégicos adequados, propiciam a transformação de círculos viciosos de estagnação em círculos virtuosos de mudanças em direção à produtividade e à modernidade. Esta é, de fato, uma época de crises e oportunidades para a pós-graduação do IME, na qual mudanças são iminentes. Com uma apropriada liderança e o foco no que é importante, a pós-graduação do IME, por intermédio do seu corpo docente, pode moldar o seu próprio destino de uma forma prolífica para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do SCTEx e do SisCTID.

Referindo-se de maneira simples, objetiva e desafiadora a uma situação análoga, William James Perry, Secretário de Defesa dos EUA no período de fevereiro de 1994 a janeiro de 1997, proferiu as seguintes palavras por ocasião do fim da Guerra Fria (IAFRATE, 2002) – com as quais conclui-se este manuscrito:

> “Há um momento em que uma porta se abre e deixa o futuro entrar. [...] Por meio de nossas ações, podemos moldá-lo ao invés de sermos moldados por ele.”

REFERÊNCIAS

ADES, R.; BORGES Jr, I.; ACOCELLA, E. C. **Proposta do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa – PGED: Segunda Versão**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2008.

ACOCELLA, Emilio Carlos. **Áreas de conhecimento tecnológico de interesse do Exército Brasileiro**. 2004. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Política Estratégia e Altos Estudos Militares, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2004.

ACOCELLA, Emilio Carlos. A Postura Estratégica Dissuasória e os Objetivos para a Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional. PADECEME, Rio de Janeiro, n. 11 , p. 76-81, 2006.

ACOCELLA, Emilio Carlos. Reflexões Sobre a Pós-Graduação no IME. Palestra, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 21 de fevereiro de 2008.

BASTOS, Expedito Carlos Stephani. As Exportações da Engesa e Seus Reflexos na Atualidade. Defesa, Estratégia e Inteligência – Defesanet, 11 de março de 2003. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/rv/engesa/export.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

BORGES Jr, I.; VENTORINI, L. A.; RONZANI, E. R. **Proposta de Reestruturação dos Programas de Pós-Graduação do Instituto Militar de Engenharia**. Relatório Interno, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 31 de outubro de 2005.

BRASIL. Exército Brasileiro. Secretaria-Geral do Exército. **IG 20-11: Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército (SCTEx)**. Brasília, DF, 1994a.

BRASIL. Exército Brasileiro. Secretaria-Geral do Exército. **IG 20-12: Modelo Administrativo do Ciclo de Vida dos Materiais de Emprego Militar**. Brasília, DF, 1994b.

BRASIL. Ministério da Defesa e Ministério da Ciência e Tencnologia. **Concepção Estratégica do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional**. Brasília, 2003a.

BRASIL. CAPES/MEC. **Comitê Multidisciplinar: Avaliação e Perspectivas**. Brasília, 2003b. Disponível em: <www.capes.gov.br/export/sites/capes/download/avaliacao/MultidisciplinarDoc_Area2003_18jul03.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

BRASIL. CAPES/MEC. **Plano Nacional de Pós-Graduação, PNPG 2005 – 2010**. Brasília, 2004.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretrizes para a Reestruturação do Ensino Militar Científico-Tecnológico**. Brasília, 2005a.

BRASIL. **Política de Defesa Nacional**. Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005, Brasília, 2005b.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional da Indústria de Defesa**. Portaria Normativa nº 899/MD, de 19 de julho de 2005, Brasília, 2005c.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Criação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa no IME**. Portarias nº 124 e 126 do Estado-Maior do Exército, de 29 de agosto de 2006, Brasília, 2006a.

BRASIL. Ministério da Defesa – ESG. **Manual Básico – Volume I: Elementos Doutrinários**. Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2006b. Disponível em: <http://www.esg.br/paginas/ESG/doutrina_2006.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

BRASIL. Ministério da Defesa e Ministério da Educação. **PRÓ-DEFESA, Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional**. Brasília, 2006c.

BRASIL. Exército Brasileiro/EME. **Plano Básico de Ciência e Tecnologia do Exército 2007-2011**. Brasília, 2007a.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Sumário de Informações e Previsões Tecnológicas – SINPRETEC**. Brasília, 2007b.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando do Exército. **Diretriz Geral do Comandante**. Brasília, 2007c.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Missões de Paz**. 2008a. Disponível em: <http://www.exercito.gov.br/03ativid/missaopaz/apresentacao.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. **Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes**. 2008b. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/superior/enade>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

BRASIL. **Programa de Aceleração do Crescimento**. 2008c. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/pac>. Acesso em: 30 de setembro de 2008.

BRASIL. Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia. **Planejamento Institucional do Instituto Militar de Engenharia: Documento de Trabalho**. Rio de Janeiro, março de 2008d.

BRASIL. Exército Brasilerio. Centro Tecnológico do Exército. **Requisitos Técnicos Básicos nº 02/08 do Sistema Míssil Antiaéreo de Baixa Altura**. Rio de Janeiro, março de 2008e.

BROOKS, Harvey. Basic and Applied Research, in CATEGORIES OF SCIENTIFIC RESEARCH. Trabalho apresentado no Seminário da National Science Foundation, Washington, p. 14-18, 1979.

BUSH, Vannevar. **Science, the Endless Frontier: a report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development**. 1945. Disponível em: <http://www.nsf.gov/about/history/vbush1945.htm>. Acesso em: 04 de junho 2008.

CARNEIRO JÚNIOR, S.; LOURENÇO, R. Pós-Graduação e Pesquisa na Universidade. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 616p.

CETRANS - CENTRO DE EDUCAÇÃO TRANSDISCIPLINAR DA ESCOLA DO FUTURO DA USP. **Educação e transdisciplinaridade, II**. Editora TRIOM, São Paulo, 2002. 216p.

DAGNINO, R.; GOMES, E. O Processo Decisório na Universidade Pública Brasileira: uma Visão de Análise de Políticas. In: SOBRINHO, J. Dias; RISTOFF, I. Dilvo. **Avaliação e Compromisso Público**. Campinas: Insular, 2003. pp. 159-187.

DIAS, R.; DAGNINO, R. P. Sessenta anos do Relatório *Science: the Endless Frontier*. In: VI JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, 2006, Bogotá, Colômbia, 2006.

DICIONÁRIO AURÉLIO ELETRÔNICO – SÉCULO XXI. Lexikon Informática Ltda. Versão 3.0, novembro de 1999.

DE ANDRADE, D.; RIZZI, P.; DE ALMEIDA, S. F. M. Experiência em parceria estratégica: mestrado profissional em Engenharia Aeronáutica, ITA-Embraer. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, CAPES, v. 2, n. 4, p. 48-60, julho 2005.

FERREIRA, Armando Morado. **Elementos para Reestruturação da Pós-Graduação do IME**. Relatório Interno, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2003.

FERREIRA, Armando Morado. **Sistemas de Combate do Futuro: Elementos para a Formulação Conceitual**. 2004. 136 f. Monografia (Mestrado) - Curso de Direção para Engenheiros Militares, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2004.

FOUNTAIN, AUGUSTUS W. III, **Transforming Defense Basic Research Strategy.** U.S. Army War College Strategy Research Project. Pennsylvania: U.S. Army War College, 2004. 31p.

GIBBONS, Michael; LIMOGES, Camille; NOWOTNY, Helga; SCHWARTZMAN, Simon; SCOTT, Peter; TROW, Martin. **The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies**. London: Sage, 1994.

IAFRATE, Gerald J. The Challenge of Defense R&D: The Role of the University. In: TEICH, ALBERT H.; NELSON, STEPHEN D.; LITA STEPHEN J. **AAAS Science and Technology Policy Yearbook 2002**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 2002.

MENEZES, Ebenezer Takuno de; SANTOS, Thais Helena dos. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira - EducaBrasil**. São Paulo: Midiamix Editora, 2002. Disponível em: http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp. Acesso em: 5 de agosto de 2008.

MTCR. **The Missile Technology Control Regime**. Disponível em: <http://www.mtcr.info/english/index.html>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

NOWOTNY, Helga; SCOTT, Peter; GIBBONS, Michael. **Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty**. Cambridge: Polity Press, 2001.

NOWOTNY, Helga; SCOTT, Peter; GIBBONS, Michael. 'Mode 2' Revisited: The New Production of Knowledge. Kluwer Academic Publishers, Minerva, v. 41, n. 3, p. 179–194, 2003.

OECD. **Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação**. Organisation for Economic Co-operation and Development, 3. ed. 2005. 184p.

OLIVEIRA, José Edimar Barbosa et al. Inovações do ITA no Contexto do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional. Revista da Diretoria de Engenharia, Rio de Janeiro, 01 abr. 2002.

PELLANDA, P. C.; BORGES Jr, I.; RONZANI, E. R. **Proposta do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa - PGED**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

PELLANDA, P. C.; BORGES, I. Jr.; FERREIRA, A. M.; RONZANI, E. R.; ACOCELLA, E. C. Engenharia de Defesa - Inovação, Interdisciplinaridade e Sinergia para a Pós-Graduação do Instituto Militar de Engenharia. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - COBENGE, Curitiba, PR, Brasil, publicação 3E02-308, 2007, p. 1-12.

PINTO, J. R. A.; ROCHA, A. J. RAMALHO DA; SILVA, R. DORING PINTO DA (Organizadores). As Forcas Armadas e o Desenvolvimento Científico e Tecnológico do País. In: **Pensamento Brasileiro Sobre Defesa e Segurança**. Vol. 3. Brasília: Ministério da Defesa, Secretaria de Estudos e de Cooperação, 2004. 310p.

RAND Europe Research. **Measuring the Benefits From Research**. RAND CORPORATION RESEARCH BRIEF SERIES, Cambridge, Reino Unido, 2006. Disponível em: <http://www.rand.org/pubs/research_briefs/2007/RAND_RB9202.pdf>. Acesso em: 08 de setembro de 2008.

ROCHA, Ivan. **Gestão de Organizações de Conhecimento**. Brasília: FINADESP, UCB/Universa, 2004. 356p.

RONZANI, E. R.; PALLAZO, M.; VARANDAS, G. Histórico da pós-graduação no IME. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999.

SCHWARTZMAN, Simon. A Pesquisa Científica e o Interesse Público. Revista Brasileira de Inovação, v. 1, n. 2, p 361-395, 2002.

SILVEIRA, Marcos Azevedo da. **A Formação do Engenheiro Inovador: uma Visão Internacional**. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005. 207p.

STOKES, Donald E. **O Quadrante de Pasteur: A Ciência Básica e a Inovação Tecnológica**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005. 246p.

UK. Defence Academy. **Defence College of Management and Technology**. Disponível em: <http://www.defac.ac.uk/colleges/dcmt>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

UN. UN Security Council. **Resolution 1540**. 2004. Disponível em: <http://www.un.org/News/Press/docs/2004/sc8076.doc.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2008.

USA. National Research Coincil. **Reducing the Time from Basic Research to Innovation in the Chemical Sciences: A Workshop Report to the Chemical Sciences Roundtable**. Washington: The National Academies Press, 2003. 142p.

VASCONCELOS, Marco Aurélio Correia de. **Desenvolvimento de Competências no COMAER por meio de Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu***. 2008. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Comando e Estado-Maior, Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2008.

VIOTTI, Eduardo B. Fundamentos da Evolução dos Indicadores de CT&I. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 616p.